VORLESUNGEN

ÜBER

PHYSIOLOGIE

VON

ERNST BRÜCKE.

UNTER DESSEN AUFSICHT NACH STENOGRAPHISCHEN AUFZEICHNUNGEN HERAUSGEGEBEN.

ZWEITER BAND.

PHYSIOLOGIE DER NERVEN UND DER SINNESORGANE UND ENTWICKELUNGS-GESCHICHTE.

ZWEITE VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE.

MIT 99 HOLZSCHNITTEN.

WIEN, 1876.

WILHELM BRAUMÜLLER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.

INHALT.

Nervensystem.

Allgemeines.

Wir haben uns jetzt mit der Physiologie des Nervensystems zu beschäftigen. Ehe wir darauf eingehen, müssen wir uns zuerst näher mit den Formbestandtheilen des letzteren bekannt machen. Man theilt die Elemente des Nervensystems ein in zellige und in faserige.

Man kann das Nervensystem vergleichen mit dem Telegraphensysteme eines Staates, wo dann die zelligen Elemente die aufgestellten Apparate vorstellen, während die faserigen, die Nervenfasern, die Drahtleitungen vorstellen, auf welchen die Impulse, einerseits vom Centrum gegen die Peripherie, andererseits von der Peripherie nach dem Centrum befördert werden. Man muss dann das Gehirn und Rückenmark ansehen als die grosse Telegraphenstation der Hauptstadt und die in den verschiedenen Theilen des Körpers zerstreuten Ganglien als die Stationen der kleineren Orte. Wie wir später sehen werden, lässt sich dieser Vergleich nicht im Einzelnen durchführen und aufrechterhalten, im Grossen und Ganzen kann man ihn aber gelten lassen.

Wenn an einer Nervenfaser Alles, was daran vorhanden sein kann, vorkommt, so besteht sie aus der Scheide, einer membranösen, röhrigen Hülle, aus dem Marke und aus dem Axencylinder, nach seinem Entdecker Purkinje, der Purkinje'sche Axencylinder genannt. Er wird auch bezeichnet mit dem Namen des Remak'schen Bandes. Der Axencylinder ist nur ausnahmsweise an der frischen Nervenfaser zu sehen, bisweilen dadurch, dass er an abgerissenen Enden heraushängt; meist muss man sich künstlicher Mittel bedienen, um ihn sichtbar zu machen. Das Nervenmark besteht theils aus Eiweisskörpern, theils aus Cerebrin, Lecithin, Cholesterin und aus Fett, also aus Körpern, von denen ein grosser Theil in Alkohol löslich ist. Man nimmt ein Nervenbündel und kocht es in Alkohol aus. Nachdem dies geschehen, zerfasert man es. Das Nervenmark ist nun krümlich geworden und man sieht in demselben den Axencylinder als einen centralen Strang verlaufen. Er ist aber durch das Auskochen mit Alkohol stark geschrumpft, auf die Hälfte oder ein Drittheil seines wahren Durchmessers. Häufig gelingt es auch beim Zer-

Nervensystem.

Allgemeines.

Wir haben uns jetzt mit der Physiologie des Nervensystems zu beschäftigen. Ehe wir darauf eingehen, müssen wir uns zuerst näher mit den Formbestandtheilen des letzteren bekannt machen. Man theilt die Elemente des Nervensystems ein in zellige und in faserige.

Man kann das Nervensystem vergleichen mit dem Telegraphensysteme eines Staates, wo dann die zelligen Elemente die aufgestellten Apparate vorstellen, während die faserigen, die Nervenfasern, die Drahtleitungen vorstellen, auf welchen die Impulse, einerseits vom Centrum gegen die Peripherie, andererseits von der Peripherie nach dem Centrum befördert werden. Man muss dann das Gehirn und Rückenmark ansehen als die grosse Telegraphenstation der Hauptstadt und die in den verschiedenen Theilen des Körpers zerstreuten Ganglien als die Stationen der kleineren Orte. Wie wir später sehen werden, lässt sich dieser Vergleich nicht im Einzelnen durchführen und aufrechterhalten, im Grossen und Ganzen kann man ihn aber gelten lassen.

Wenn an einer Nervenfaser Alles, was daran vorhanden sein kann, vorkommt, so besteht sie aus der Scheide, einer membranösen, röhrigen Hülle, aus dem Marke und aus dem Axencylinder, nach seinem Entdecker Purkinje, der Purkinje'sche Axencylinder genannt. Er wird auch bezeichnet mit dem Namen des Remak'schen Bandes. Der Axencylinder ist nur ausnahmsweise an der frischen Nervenfaser zu sehen, bisweilen dadurch, dass er an abgerissenen Enden heraushängt; meist muss man sich künstlicher Mittel bedienen, um ihn sichtbar zu machen. Das Nervenmark besteht theils aus Eiweisskörpern, theils aus Cerebrin, Lecithin, Cholesterin und aus Fett, also aus Körpern, von denen ein grosser Theil in Alkohol löslich ist. Man nimmt ein Nervenbündel und kocht es in Alkohol aus. Nachdem dies geschehen, zerfasert man es. Das Nervenmark ist nun krümlich geworden und man sieht in demselben den Axencylinder als einen centralen Strang verlaufen. Er ist aber durch das Auskochen mit Alkohol stark geschrumpft, auf die Hälfte oder ein Drittheil seines wahren Durchmessers. Häufig gelingt es auch beim Zer-

reissen der Nervenfaser den Axencylinder eine kürzere oder längere Strecke lang aus der Scheide und den darin befindlichen Resten des Markes heraushängen zu sehen. Ein anderes Hülfsmittel, das von Pflüger angegeben ist, besteht darin, dass man ein Stück eines ganz frischen Nervenstammes, ohne Wasser hinzuzufügen, auf dem Objectträger zerzupft und dann einen Tropfen Collodiumlösung darauf setzt; dann infiltrirt sich die Nervenfaser mit Collodium und nun sieht man im Innern derselben den Axencylinder verlaufen. Noch viel besser kann man den Axencylinder sehen an gehärteten und gefärbten Präparaten. Man nimmt ein Stück von einem Nerven oder ein Stück des Rückenmarks und legt es in Chromsäure, worin es sich soweit erhärtet, dass man es in dünne Schnitte zerlegen kann. Diese dünnen Schnitte bringt man in eine ammoniakalische Karminlösung. Dann färbt sich zuerst der Axencylinder; das Nervenmark nimmt die Färbung schwierig an, so dass zu einer Zeit, wo der Axencylinder schon tief roth gefärbt ist, das Nervenmark noch völlig weiss ist. Dann sieht man auf Längsschnitten den gefärbten Axencylinder durchschimmern und auf Querschnitten sieht man im Centrum den schön roth gefärbten Axencylinder, rundum das Mark und nach aussen davon einen Contour, welcher die Scheide der Nervenfaser darstellt. So schön diese Bilder sind, so sind sie indessen, wie Fleischl nachgewiesen hat, doch in hohem Grade unwahr. Man hat hier nur das geschrumpfte Gerinnsel des eigentlichen Axencylinders, wie er im Leben existirt, vor sich. Des letzteren Consistenz ist wahrscheinlich so gering, dass man sich, wie dies ja bei lebenden Gebilden öfter der Fall ist, schwer entscheiden kann, ob man ihn fest oder flüssig nennen soll. Wenn man Stücke eines und desselben Nerven oder eines und desselben Rückenmarks in Chromsäure, in Alkohol und in Ueberosmiumsäure härtet, so ist der Axencylinder in den in den beiden letzteren Flüssigkeiten gehärteten Präparaten immer viel dicker im Verhältnisse zum Mark, und an Längsschnitten von Chromsäurepräparaten sieht man oft statt des geraden Stranges, den der Axencylinder darstellen soll, einen vielfach angeschwollenen, ja ganz unregelmässigen, mit einer Menge von seitlichen, hernienartigen Ausstülpungen, die sich weit in das Mark hinein erstrecken, versehenen. Besser conservirt der Axencylinder seine Gestalt in sehr verdünnter Ueberosmiumsäure, man kann ihn auch hier auf Querschnitten sehr schön erkennen, wenn man die Säure so lange einwirken lässt, dass sich das Mark dunkel färbt, nicht aber der Axencylinder.

Der Axencylinder zerfällt häufig an seinem peripherischen Ende in sehr feine Fäden. Diese Theilung in feine Fäden kann sich auch, eine kürzere oder längere Strecke weit, in den Axencylinder hinauf fortsetzen. Wenn aber in neuerer Zeit angegeben worden ist, dass der Axencylinder überall aus einer grossen Menge von ausserordentlich feinen Fäden bestehe, welche sich sogar durch die Ganglienzellen, aus denen der Axencylinder, wie wir später sehen werden, entspringt, hindurch fortsetzen sollen, so ist dies etwas, wofür der Beweis vorläufig noch mangelt.

Es ist überhaupt schwer, etwas Bestimmteres über die Structur des Axencylinders auszusagen, weil wir so wenig Gelegenheit haben ihn im lebenden, im ganz frischen und unveränderten Zustande zu untersuchen.

Der Axencylinder ist offenbar der wesentliche Theil der Nervenfaser, in welchem die Fortleitung der Nervenerregungen stattfindet, denn

alle andern Theile der Nervenfaser können fehlen, nur der Axencylinder muss vorhanden sein. Eine Nervenfaser kann als nackter Axencylinder aus einer Ganglienkugel entspringen, dieser kann dann nachher erst eine Markscheide und eine Hülle bekommen, er kann mit dieser eine Strecke lang verlaufen als markhaltige Nervenfaser, und dann kann er gegen sein peripherisches Ende wiederum die Markscheide verlieren, es kann der Axencylinder allein sich fortsetzen, so dass wir deutlich sehen, dass es der Axencylinder ist, der als wesentlicher Theil der Nervenfaser conservirt wird.

Wenn die Nervenfaser aus dem Körper herausgenommen und unter das Mikroskop gebracht wird, besonders wenn man Wasser oder verdünnte Kochsalzlösung hinzusetzt, so geht das Nervenmark eine eigenthümliche Veränderung, eine Art Gerinnung ein, und bei dieser Veränderung geschieht es, dass sich am Rande zwei mehr oder weniger unregelmässige Contouren neben einander bilden, indem das stark lichtbrechende Mark sich nicht nur nach aussen gegen die membranöse Scheide, sondern auch nach innen gegen den noch nicht geschrumpften, sehr schwach lichtbrechenden Axencylinder absetzt. Wegen dieser doppelten Contouren, welche diese markhaltigen Nervenfasern unterm Mikroskope erhalten, bezeichnet man sie mit dem Namen der doppelrandigen Nervenfasern.

Eine andere Art von Fasern kommt vor in der weissen Substanz des Gehirns, dann im Stamme des Nervus olfactorius, dann im Opticus und im Acusticus. Diese verhalten sich, wenn sie aus dem Körper herausgenommen werden, anders als die eben besprochenen doppelrandigen Nervenfasern. Sie verändern sich so, dass das gerinnende Mark sich in einzelne tropfenförmige Klumpen zusammenballt, die gewissermassen Perlen darstellen, welche auf den Axencylinder aufgezogen sind, und diese Fasern nennt man die markhaltigen perlschnurförmigen oder die varicösen Nervenfasern.

Also die doppelrandigen Nervenfasern sind nicht im lebenden Körper doppelrandig und die markhältigen varicösen sind im lebenden Körper auch nicht varicös: beide Arten von Nervenfasern sind glattrandig, wenn sie aber aus dem Körper herauskommen, besonders wenn Wasser zugesetzt wird, so verändern sie sich in dieser Weise, und weil diese Veränderungen charakteristisch und leicht wieder zu erkennen sind, so nennt man die eine Art die doppelrandigen, die andere die varicösen oder perlschnurförmigen Fasern.

Die Nervenfasern haben eine sehr verschiedene Dicke. Die dicksten kommen bei den Fischen vor. So hat der Zitterwels, Malapterurus electricus, zu jeder Seite eine einzige Nervenfaser für das ganze electrische Organ. Diese entspringt als ein sehr dicker Axencylinder, der sich mit einer ebenso dicken Scheide umgibt und sich nun nach und nach so lange dichotomisch theilt, bis er das ganze Organ versorgt hat. Eine andere sehr dicke Faser liegt bei den Fischen jederseits im Rückenmarke, in dem sie von oben nach abwärts verläuft. Diese Faser hat man auch mit dem Namen der colossalen Faser bezeichnet. Von den Nervenfasern, welche in den Nervenstämmen verlaufen, sind im Allgemeinen die motorischen dicker, als die sensiblen; vorherrschend dünne Fasern verlaufen im Grenzstrange des Sympathicus.

Ausser diesen markhaltigen Nervenfasern gibt es nun noch mark- lose, also Fasern, die aus einem Axencylinder, mit oder ohne eine umgebende Scheide, bestehen. Als Remak diese marklosen Fasern zuerst im Sympathicus auffand, da war man geneigt, sie für eine eigene Art von Nervenfasern zu halten, und man bezeichnete sie mit dem Namen der grauen Fasern, im Gegensatze zu den gewöhnlichen oder markhaltigen Fasern. Die markhaltigen Fasern sind weiss wegen des stark lichtbrechenden Markes, welches in ihnen enthalten ist und wegen der starken Reflexion, die dieses Mark bedingt. Deshalb ist die weisse Substanz des Gehirns weiss und die weisse Substanz des Rückenmarkes weiss. Die graue Substanz des Gehirns und Rückenmarkes ist deshalb dunkler gefärbt, weil sie eben diese markhaltigen Fasern nicht enthält, sondern weil sie aus zelligen Elementen und aus marklosen Fasern, Blutgefässen u. s. w. besteht. So erschienen nun auch diese marklosen Fasern, da wo sie in grösserer Masse zusammenliegen, dem blossen oder nur mit der Loupe bewaffneten Auge grau, im Verhältnisse zu den entschieden weissen markhaltigen Fasern, und deshalb hat man ihnen den Namen der grauen Fasern gegeben. Man hat aber später eingesehen, dass dies überhaupt keine eigene Art von Nervenfasern ist, und dass man die Nervenfasern im Allgemeinen nicht eintheilen kann in markhaltige und marklose Fasern, weil ein und dieselbe Nervenfaser marklos entspringen kann, nämlich als nackter Axencylinder, dann markhaltig wird, indem sie sich mit einer Markscheide umgibt und endlich in ihrer peripherischen Ausbreitung wiederum marklos wird, weil sie die äussere Scheide verliert und der Axencylinder sich noch weiter verzweigt. Ja, manche Arten von Nervenfasern sind selbst im Extrauterinleben, in der Kindheit, noch marklos, während sie sich doch in einer späteren Zeit mit einer Markscheide umgeben.

Von den marklosen Nervenfasern gibt es wiederum verschiedene Formen. Erstens gibt es solche, welche entweder rundlich oder etwas bandartig plattgedrückt sind und auf welchen man von Stelle zu Stelle längliche Kerne findet. Das ist die erste Form von allen embryonalen Nervenfasern und zugleich kommen sie, wie gesagt, selbst im Extrauterinleben an Stellen vor, wo man später markhaltige findet. Wenn man den harten Gaumen eines neugebornen Kindes untersucht, so findet man dort eine grosse Menge von Fasern mit länglichen Kernen, so dass man bei dem ersten Anblicke glaubt, man hätte es mit glatten Muskelfasern zu thun. Verfolgt man diese aber weiter, so sieht man, dass sie in Stämmchen zusammenlaufen und den Charakter der Nerven an sich tragen. Vergleicht man damit den Gaumen eines Erwachsenen, so findet man an ihrer Stelle markhaltige Nervenfasern, indem sie später eine Markscheide erhalten haben.

Andere Arten von Nervenfasern, die man mit dem Namen der marklosen varicösen Fasern bezeichnet, gleichen einem dünnen Faden, der von Stelle zu Stelle kernartige Anschwellungen hat. Noch andere sind mehr oder weniger drehrund oder abgeplattet, bald gröbere und bald feinere Fäden, die entweder parallel nebeneinanderlaufen oder sich dichotomisch verzweigen. Man sieht also, dass diese Arten von Nervenfasern nichts Charakteristisches haben. Man kann also auch einer solchen marklosen Nervenfaser unter dem Mikroskope nicht ansehen, ob sie eine Nervenfaser ist oder ob sie keine Nervenfaser ist. Ganz anders verhält es sich,

wie wir gesehen, mit den markhaltigen. Diese kann man durchaus mit keinem andern Gewebselemente verwechseln; und wenn man deshalb unter dem Mikroskope Fasern hat, von welchen man Verdacht schöpft, dass sie marklose Nervenfasern seien, so kann man die Gewissheit hierüber nur dadurch erlangen, dass man sie zu verfolgen sucht bis zu ihren Verbindungen mit einer markhaltigen Faser. Es ist dies nicht zu allen Zeiten hinreichend beachtet worden und man hat deshalb manche Untersuchungen über Verbreitung von Nervenfasern oder angeblichen Nervenfasern in Organen veröffentlicht, die nicht denjenigen Grad von Sicherheit haben, welchen dergleichen Untersuchungen haben sollten.

Diese marklosen Nervenfasern sind eben äusserst blass und äusserst schwer in den Geweben zu sehen und man hat deshalb verschiedene künstliche Hülfsmittel angewendet, um sie in den Geweben noch sichtbar zu machen. Nun hat man gefunden, dass sich mittelst Goldchlorid die Nerven eigenthümlich violett färben lassen, und man hat deshalb diese violette Färbung in den Organen vielfältig benützt, um in denselben noch Nervenverbreitungen sichtbar zu machen, die man ohne weitere Präparation nicht mehr sehen kann. Da diese Färbung mit Goldchlorid auf einem Reductionsprocesse beruht, und nicht blos Nervenfasern, sondern auch andere Gebilde sich färben, so kann man den Satz, dass sich Nervenfasern mit Goldchlorid färben, nicht ohne Weiteres umkehren und nicht sagen, das, was sich mit Goldchlorid färbt, ist Nervenfaser; sondern man muss immer suchen, die Nervenfasern nach rückwärts zu verfolgen und ihre Verbindungen mit markhaltigen Fasern nachzuweisen: erst dann hat man die Ueberzeugung, dass man es mit marklosen Nervenfasern und nicht mit anderen Gewebselementen zu thun habe.

Man war früher der Meinung, dass die Nervenfasern ungetheilt von ihrem Anfange bis zu ihrem Ende verlaufen. Das kam daher, dass man die Theilungen im Verlaufe der Stämme suchte. Da befinden sie sich aber nicht, sondern immer in der Nähe der peripherischen Enden der Nerven. Nachdem Schwann schon früher einmal eine getheilte Nervenfaser im Schwanze einer Froschlarve gesehen hatte, wurden später in den Augenmuskeln Theilungen von Nervenfasern aufgefunden. Nachdem die Nerven in die Muskeln eingetreten sind, theilen sie sich mehrfach dichotomisch, um dann erst zu endigen. Später hat Reichert ein noch geeigneteres Object an einem kleinen Muskel gefunden, der seitlich vom Brustbein der Frösche zur Haut geht. An diesem lassen sich sehr schön eine grosse Menge von Theilungen beobachten. Noch viel zahlreicher sind die Theilungen der motorischen Nerven an den Gliederthieren, z. B. bei den Krebsen, wo sich die Nervenfasern förmlich baumartig verzweigen, ehe sie sich an die einzelnen Muskelfasern vertheilen. Auch andere Nervenfasern als die motorischen verzweigen sich. Am zahlreichsten kommt dies bei den electrischen Nerven vor, besonders bei den Nerven von Malapterurus electricus. Auch die sensiblen Nervenfasern verzweigen sich, theils so lange sie noch markhaltig sind, theils nachdem sie ihr Mark verloren. Wenn sich eine markhaltige Nervenfaser verzweigt, so geschieht dies in der Weise, dass an dem Marke und der Scheide eine kleine Einschnürung entsteht und von dieser Einschnürungsstelle aus zwei oder manchmal drei Nervenfasern abgehen, indem sich der Axencylinder dem entsprechend in eben so viele neue Fäden theilt. Dergleichen Verzweigungen können mehrmals hintereinander statt-

finden. Die Theilungen marklos gewordener Fasern gehen so vor sich, dass sie in feine Fäden zerfallen, die complicirte Strickwerke und Plexus bilden können, wie solches namentlich von den Nerven der Hornhaut bekannt ist.

Es fragt sich nun, wie entspringen die Nervenfasern? Die Nervenfasern entspringen im Centralorgane, im Gehirn- und Rückenmark und in den Ganglien, von eigenthümlichen Zellen, welche man mit dem Namen der Ganglienzellen oder Ganglienkugeln belegt hat. Man fand sie zuerst, indem man Ganglien unter dem Mikroskope im Wasser zerzupfte. Da riss man die Ursprünge der Nervenfasern von den betreffenden Zellen ab. Diese waren im Wasser zu sphäroidischen Massen aufgequollen, stellten also Kugeln dar, und daher rührt der Name Ganglienkugeln. Heutzutage, wo man die Sachen besser in situ und an gehärteten Präparaten studiren kann, da weiss man, dass von diesen Zellen wohl keine einzige eine wirkliche Kugel ist, sondern dass sie eine sehr unregelmässige Gestalt haben; weshalb auch von Manchen der Name Ganglienkugeln vermieden wird, so dass sie als Ganglienzellen, als Ganglienkörper oder auch schlechtweg als Nervenzellen bezeichnet werden. Jede dieser Ganglienkugeln besteht aus einem Protoplasmaleibe, zu dem noch eine äussere Hülle hinzukommen kann, und aus einem Kerne. In diesem Kerne befindet sich wieder ein Kernkörperchen, und in einigen Ganglienkugeln hat Mauthner in diesem Kernkörperchen noch ein Kernkernkörperchen gefunden, welches er mit dem Namen Nucleololus bezeichnet. Gewöhnlich sieht man den Kern in dem körnigen Protoplasma der Ganglienzelle als eine runde oder mehr oder weniger unregelmässige, aber doch immer scharf begrenzte Masse liegen und in ihm das Kernkörperchen. Es scheint aber als ob im Leben der Kern nicht immer so streng von dem übrigen Protoplasma geschieden wäre, es scheint, dass er mit ihm in einem näheren Zusammenhange ist. Wenigstens muss man dies aus Bildern schliessen, welche E. Fleischl bekommen hat, indem er ganz frische, lebende Ganglienkugeln in Borsäurelösung hineinbrachte, wo sich dann der Kern gewissermassen nach und nach aus dem Protoplasma losschälte, mit dem seine Masse offenbar in einer innigeren Verbindung war, als man sie an den bereits abgestorbenen Ganglienkugeln wahrnimmt.

Die Ganglienkugeln theilt man ein in apolare, d. h. in solche, die keine Fortsätze haben, sondern blos aus einem runden Protoplasmaleibe mit oder ohne Hülle bestehen, in welcher ein Kern mit Kernkörperchen liegt. Zweitens in unipolare, d. h. in solche, von denen ein Fortsatz ausgeht, der dann in eine Nervenfaser übergeht. Oder in bipolare, die mit zwei Nervenfasern in Verbindung stehen, die gewöhnlich nach entgegengesetzter Richtung abgehen, so dass die Ganglienkugel in den Verlauf der Nervenfaser eingeschaltet erscheint. Endlich in multipolare, bei denen drei oder mehrere Fortsätze vorhanden sind, von denen wenigstens einer in eine Nervenfaser übergeht. Diese Fortsätze an den multipolaren Ganglienzellen gehen nämlich keineswegs alle in Nervenfasern über, wenigstens nicht direct, sondern die meisten von ihnen verzweigen sich in immer feinere Aeste, und diese dringen zwischen die umgebenden Gewebstheile ein, so dass die Ganglienkugel durch diese Fortsätze gewissermassen wie durch Wurzeln und Würzelchen in dem umgebenden Gewebe befestigt ist: dies *sind die s. g.* Protoplasmafortsätze.

Es ist behauptet worden, dass von jeder solchen Ganglienkugel nur immer ein Fortsatz direct in eine Nervenfaser übergehe. Es ist aber der Beweis, dass eine solche Ganglienkugel nur einen Fortsatz hat, welcher in eine Nervenfaser übergeht, in den meisten Fällen sehr schwer zu führen. Wenn wir die Ganglienkugeln durch Zerzupfen isoliren, so reissen wir sehr leicht einen oder den andern Fortsatz ab und erkennen dann hinterher die Stellen nicht mehr, an denen diese Fortsätze abgerissen sind. Daher rührt es auch, dass man in neuerer Zeit, wo man bessere Untersuchungsmethoden hat, lange nicht mehr so viel apolare Ganglienkugeln findet, als früher, wo man Alles durch Zerzupfen darstellte. Früher erschienen bei weitem die meisten Ganglienkugeln apolar, weil man ihre Fortsätze abgerissen hatte, und nur ausnahmsweise gelang es die eine oder andere zu finden, die noch mit einer Nervenfaser in Verbindung stand. Auf Durchschnitten von gehärteten Präparaten sieht man wiederum nur die Fortsätze, welche in der Ebene des Schnittes liegen, und man ist also nicht sicher alle Fortsätze einer solchen Ganglienkugel zu haben. Das Beste ist es noch, um die Fortsätze einer Ganglienkugel möglichst vollständig zu haben, dass man erst härtet und dann zerzupft, weil dann die Fortsätze eine grössere Consistenz haben und weil, wenn man sie abreisst, man wenigstens die Stellen, an denen ein Fortsatz abgerissen ist, da Alles geronnen ist, leichter erkennt, als wenn man die Gebilde frisch zerzupft. Wir werden später im Rückenmarke grosse Ganglienzellen kennen lernen, aus denen die Bewegungsnerven ihren Ursprung nehmen. An diesen ist allerdings immer ein Nervenfaserfortsatz als solcher ausgezeichnet: er tritt direct und ungetheilt in die motorische Wurzel über. Die übrigen, verzweigten, sogenannten Protoplasmafortsätze sollen nach Gerlach indirect durch ein nervöses Netzwerk mit centripetalen Bahnen in Verbindung stehen, vielleicht auch mit solchen, die zum Gehirn führen.

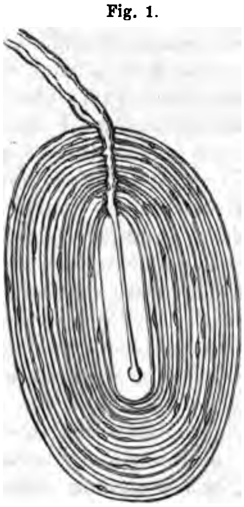
Diese bisher besprochenen Ganglienzellen oder Ganglienkugeln hat man auch mit dem Namen der Grossganglienkugeln bezeichnet, weil sie verhältnissmässig grosse Gewebselemente sind, so wie sie sich im Gehirn- und Rückenmark und sowie sie sich in den Wurzelganglien der Spinalnerven und in den grösseren Ganglien des Sympathicus finden. Diese Unterscheidung der Ganglienkugeln als Grossganglienkugeln ist aber eine unglückliche, weil sie keineswegs eine bestimmte Grösse haben, sondern auch kleinere Gewebselemente vorkommen, die ihnen functionell ganz gleich stehen. Wenn man auf die kleineren, mikroskopischen Ganglien des Sympathicus übergeht, z. B. auf die Ganglien in der Wand des Darmkanals und in der Wand der Harnblase, so findet man viel kleinere derartige Gebilde, die im Uebrigen ganz so beschaffen sind, die in derselben Weise mit Nervenfasern in Verbindung stehen, welche also den sogenannten Grossganglienkugeln voraussichtlich functionell gleichwerthig sind.

Im Centralorgane findet man ausser diesen Ganglienzellen noch andere Arten von zelligen Gebilden. Zunächst verhältnissmässig zarte, blasse Zellen, welche mit den weissen Gehirnfasern in Verbindung stehen und die man daher unzweifelhaft auch als Nervenzellen bezeichnen muss. Ausserdem findet man kleinere Zellen, bei welchen der Protoplasmaleib im Verhältnisse zur Grösse des Kernes klein ist, und endlich solche, bei denen der Protoplasmaleib so klein geworden ist, dass da, wo sie in Masse

zusammenliegen, nur ein Kern neben dem andern zu liegen scheint. Dies sind die s. g. Nuclearformationen, wie sie im Gehirne und in der Retina vorkommen. Nach der Constanz, mit der sie immer in bestimmten Theilen des Centralorganes und der Retina vorkommen, und da sie eben in anderen nicht nervösen Theilen kein Analogon finden, kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass auch diese Elemente functionell zum Nervensysteme gehören.

Ausserdem findet sich im Centralorgane eine nicht unbeträchtliche Menge von Zellen und von Fasern, von denen man nicht mehr mit Bestimmtheit weiss, ob man sie functionell noch zum Nervensysteme rechnen oder ob man sie als Formationen betrachten soll, die mehr dem Bindegewebe angehören und welche zum Stützen und Zusammenhalten der Nervenelemente dienen. Daher rührt es auch, dass seit langer Zeit ein bis jetzt noch unentschiedener Streit darüber geführt wird, was im Centralorgane Nervenelemente, und was sogenanntes Bindegewebe sei. Eigentliches Bindegewebe kommt übrigens im Rückenmarke verhältnissmässig wenig vor. Das eigentliche Bindegewebe löst sich nämlich in einem Gemische von Salpetersäure und chlorsaurem Kali auf. Das wird schon seit lange von Budge und Anderen angewendet, um das Bindegewebe in den Organen zu zerstören und in das Bindegewebe eingelagerte Theile, Muskel, Drüsen u. s. w. zu isoliren. Wenn man nun einen Rückenmarkschnitt in dieses Gemisch einlegt, so findet man, dass nichts zerstört wird, als die Pia mater mit den Fortsätzen, die sie in das Rückenmark hineinschickt. Die übrigen Gewebe sind also offenbar kein wirkliches Bindegewebe. Da aber nichtsdestoweniger Vieles darunter ist, was man nicht mit Fug und Recht zum Nervensysteme zählen kann, so hat Kölliker hiefür den Namen Stützgewebe vorgeschlagen und dieser ist allgemein angenommen worden.

Fig. 1.



Eine weitere Frage ist die, wie endigen die Nervenfasern? Indem man sich die Fortleitung der Impulse in den Nervenfasern in ähnlicher Weise dachte, wie in Drahtleitungen, welche man zur Fortleitung electrischer Ströme braucht, so glaubte man gefunden zu haben, dass die Nerven in Schlingen endigen. In der That kann man auch in den Muskeln und an anderen Orten nicht selten Schlingen finden, aber das sind keine Endschlingen, sondern die Nerven verlaufen noch weiter, verzweigen sich dichotomisch, um dann in anderer Weise, die wir bald kennen lernen werden, zu endigen. Man weiss jetzt, dass von allen Nerven, deren Endigungsweise wir kennen, kein einziger in Schlingenform endigt.

Diejenigen Nervenendigungen, welche man zuerst kennen lernte, waren die in den s. g. Vater'schen oder Pacini'schen Körperchen (Figur 1). Der deutsche Anatom Vater fand, dass unter der Haut im Bindegewebe in der Vola manus und der Planta pedis eigenthümliche Körper liegen, welche wie eiförmige Beerchen, an den Endigungen der Nerven hängen. Diese Entdeckung ist wieder in

Vergessenheit gerathen, bis später Pacini diese Körperchen wieder fand und sie mikroskopisch untersuchte. Sie führen deshalb den Namen der Vater'schen oder Pacini'schen Körperchen.

Denkt man sich eine markhaltige Nervenfaser, so tritt diese in ein eiförmiges Gebilde und verliert nach und nach ihr Mark, während sie eine Reihe von bindegewebigen, membranösen Schichten durchbohrt, aus welchen das Pacini'sche Körperchen besteht. Diese Schichten sind sehr zahlreich, und nachdem die Nervenfaser sie alle durchbohrt und ihr Mark verloren hat, tritt endlich der nackte Axencylinder in einen inneren, mit einer durchsichtigen Substanz gefüllten Raum, wo er mit einer knopfförmigen Anschwellung endigt. Bisweilen theilt sich dieser Axencylinder so, dass er mit zwei Knöpfchen endigt, niemals aber sieht man eine Schlinge. Bisweilen ist auch der Axencylinder in grösserer Ausdehnung getheilt, und bisweilen ist das ganze Körperchen getheilt, so dass es einen Zwilling darstellt und die Nervenfaser sich in zwei Aeste theilt, deren jeder, in derselben Weise wie eine ungetheilte endigt.

Es fragt sich, was dies für Nerven sind, und was diese Körperchen zu bedeuten haben? Motorische Nerven können es offenbar nicht sein, da nichts vorhanden ist, was sie bewegen könnten. Man hat sie deshalb zunächst für Tastnerven gehalten. Als man aber die Verbreitung der Pacini'schen Körperchen näher kennen gelernt, musste man von dieser Idee zurückkommen. Denn erstens liegen sie in der Vola manus durchaus nicht günstig für das Tasten. Sie liegen in der Tiefe, im Bindegewebe unter der Cutis. Man hat sie aber auch später an Orten gefunden, wo an ein Tasten noch weniger zu denken ist, so im Mesenterium der Katzen und beim Menschen im Bindegewebe hinter dem Pankreas. Wenn man sie auch im Allgemeinen als Endigungen von Empfindungsnerven ansehen kann, so kann man sie doch nicht als Tastorgane deuten.

Das beste Object diese Körperchen zu untersuchen bietet das Mesenterium der Katze. Dieses braucht man nur gegen das Licht zu halten, dann sieht man die Körperchen an den Aesten der Nerven hängen, die neben den grossen Gefässen des Mesenteriums verlaufen. Man sieht sie in dem umgebenden Fette als kleine, helle, durchsichtige Punkte liegen. Beim Menschen findet man sie am leichtesten, indem man einen Durchschnitt durch die Fingerbeere macht. Da liegen sie unter der Haut, im Bindegewebe der Fingerbeere, und da beim neugebornen Kinde ebensoviel Pacini'sche Körperchen vorhanden sind als beim Erwachsenen, die Fingerbeere aber viel kleiner ist, so dass sie auf einen kleineren Raum beschränkt sind; so kann man sie hier am leichtesten und reichlichsten finden.

Fig. 2.



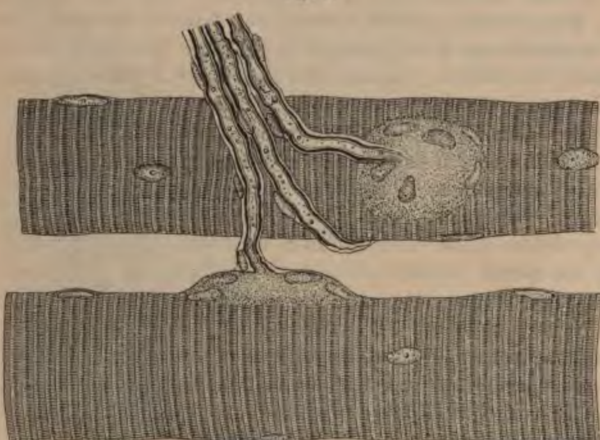
Die wahren Tastkörperchen sind von Meissner entdeckt worden, und man bezeichnet sie deshalb mit dem Namen der Meissner'schen Tastkörperchen (Fig. 2). Wenn man einen Durchschnitt durch die Fingerbeere macht, so findet man, dass die Hautpapillen nicht sämmtlich gleiche Länge haben, sondern dass zwischen verhältnissmässig langen Papillen, kürzere und dickere Papillen vorkommen. In den langen Papillen gehen die Gefässschlingen ganz hinauf bis an die Spitze, in diesen

kurzen Papillen aber liegt nur eine Gefässschlinge im unteren Theile derselben, und dafür liegt im oberen Theile ein längliches, eiförmiges oder, wie man gesagt hat, tannenzapfenartiges Gebilde, in welches hinein sich ein oder mehrere doppelrandige markhaltige Nervenfasern verfolgen lassen. Diese sieht man sich darin noch scheinbar theilen. Nach den von G. Thin im hiesigen pathologischen Institute ausgeführten Untersuchungen enthält jedes Tastkörperchen so viele von einer Kapsel umschlossene Einzelkörper als Nervenfasern eintreten, die in den Einzelkörpern endigen sollen, ohne sich zu theilen. Es gibt darnach Einlinge, Zwillinge und Drillinge. Jedes Einzelkörperchen ist hiernach das Endgebilde einer und nur einer Nervenfaser. Das ganze Körperchen ist mit Querstreifen bedeckt, als ob es aus einem oder mehreren fadenförmigen Gebilden zusammengeknäult wäre. Die Art und Weise, wie die Nervenfasern in diesem Gebilde endigen, kennt man nicht genau; man weiss nur, dass diese Körperchen wahre Endgebilde sind, und da sie gerade an denjenigen Theilen gefunden werden, mit denen wir vorzugsweise tasten, so ist der Schluss berechtigt, dass diese Körperchen wahre Tastkörperchen seien.

Noch an anderen Stellen des Körpers hat man unmittelbar unter der Oberfläche kolbenartige Gebilde gefunden, in welche offenbar sensible Nerven hineingehen. Man würde aber irren, wenn man daraus schliessen wollte, dass die sensiblen Nerven immer und überall mit kolbenartigen Endgebilden endigen müssen.

In neuerer Zeit hat Cohnheim die Nerven der Hornhaut näher untersucht und mit Hilfe der Vergoldungsmethode gefunden, dass die Nerven der Cornea, in der Nähe der Oberfläche derselben, ein reiches Netzwerk von marklosen Fasern, einen wahren Plexus bilden, und dass von diesem Plexus aus wieder kleine Fäden hinauf gehen, an die Oberfläche und zwischen den Epithelzellen blind endigen.

Fig. 3.



Von den motorischen Nerven kennt man bis jetzt nur die Endigungen in den Skeletmuskeln mit Sicherheit. Die Endigungen der motorischen Nerven in den unwillkürlichen Muskeln sind nicht mit Bestimmtheit bekannt. Die ersten derartigen Endigungen hat Doyère beobachtet, und zwar bei Gliederthieren, bei Tardigraden. Er beobachtete, dass das Sarkolemma der Muskelfaser sich in einen Hügel erhebt und dann sich unmittelbar fortsetzt in die Scheide

einer Nervenfaser, die in diesem Hügel endigt. Dieser Hügel liegt der contractilen Substanz äusserlich auf und er heisst nach seinem Entdecker der Doyère'sche Nervenhügel. Kühne hat später nachgewiesen, dass dies eine ganz allgemeine Art der Endigung ist, nicht nur bei andern Gliederthieren, sondern auch bei den Wirbelthieren und beim Menschen. Die markhaltige Nervenfaser verliert, wenn sie im Begriffe ist in die Muskelfaser einzutreten, ihr Mark, die Scheide geht in das Sarkolemma über und bildet einen Doyère'schen Hügel, der bald flacher, bald mehr convex ist. Der Axencylinder der Nervenfaser breitet sich in eine gelappte Platte aus, die, in einer körnigen, gelatinösen Masse eingebettet, der contractilen Substanz aufliegt. Diese gelappte Platte, die sogenannte Endplatte mit dieser körnigen gelatinösen Substanz, bilden zusammen den Inhalt des Doyère'schen Nervenhügels. Figur 3 zeigt zwei Muskelfasern eines Meerschweinchens (nach Engelmann) mit je einem Nervenhügel, den einen von oben gesehen, den andern von der Seite

So endigen die motorischen Nerven in allen denjenigen Skeletmuskeln, die nach dem Typus der menschlichen Skeletmuskeln gebaut sind, bei denen also auf dem Querschnitte jedesmal nur ein wandständiger Kern sich vorfindet. Wir wissen aber, dass bei den nackten Amphibien und auch in gewissen Muskeln der Vögel Muskelfasern vorkommen, die nach einem andern Typus gebaut sind, in welchem gewissermassen mehrere einzelne Fasern zusammengefasst sind, so dass mehrere Kerne auf einem und demselben Querschnitte gefunden werden, die dann innerhalb der contractilen Substanz vertheilt sind. Solche Muskeln haben auch eine andere Art der Nervenendigung. So bildet bei den Fröschen, nachdem die Scheide des Nerven in das Sarkolemma der Muskelfaser übergegangen ist, der Axencylinder keine zwischen Sarkolemma und contractiler Substanz liegende Endplatte, sondern er dringt in das Innere der contractilen Substanz ein, verzweigt sich darin und endigt dann in mehreren kernhaltigen Gebilden, die Kühne mit dem Namen der Endknospen bezeichnet.

Dass wir diese Nervenendigungen so gut und so vollständig haben untersuchen können, hat darin seinen Grund, dass die Nervenfasern bis zuletzt ihr Mark behalten, und der Grund, dass wir nichts Sicheres über die Endigungen der Nervenfasern in den organischen Muskeln wissen, ist der, dass bei diesen die Nervenfasern ihr Mark verhältnissmässig früh verlieren, und dass es dann sehr schwer ist, sie zu verfolgen. Man glaubt, dass die feinen Fäden, in welche sich zunächst die Nerven vertheilen, mit den Protoplasmaresten in Verbindung stehen, welche sich um den Kern der Muskelfaser herum befinden. Es ist bekannt, dass, wenn sich eine Muskelfaser ausbildet, die Umwandlung des embryonalen Protoplasmas in contractile Substanz im Allgemeinen von der Peripherie beginnt und dass an dem Kerne jederseits eine bald grössere, bald kleinere Menge nicht oder anders metamorphosirten Protoplasmas zurückbleibt. An diesem hat man nun feine Fäden hängen gesehen, von welchen man glaubt, dass sie mit den letzten Fäden, die man wiederum an den Nerven beobachtet hat, zusammenhängen. Es hat dies die Analogie für sich mit der Endigungsweise der Nervenfasern in den Froschmuskeln, in den sogenannten Endknospen.

Nachdem wir uns nun mit den Elementen des Nervensystems in morphologischer Beziehung im Grossen und Ganzen bekannt gemacht haben, wollen wir näher eingehen auf die physiologischen Eigenschaften der Nerven.

Wir haben früher gesehen, dass sich das Nervensystem im Grossen und Ganzen mit einem ausgebreiteten Telegraphensysteme vergleichen lasse, aber dabei bemerkt, dass dieser Vergleich im Einzelnen nicht durchführbar sei. Die Nerven sind in Rücksicht auf die Art, wie sie leiten, auf die Geschwindigkeit, mit welcher sie leiten, und in Rücksicht auf ihr Leitungsvermögen überhaupt, in hohem Grade verschieden von den metallischen Leitungen, welcher wir uns zum Fortleiten electrischer Ströme bedienen. Zunächst haben sie für die electrischen Ströme einen ausserordentlich grösseren Leitungswiderstand als Metallleitungen. Nach den Untersuchungen von Weber ist der Leitungswiderstand der Nervensubstanz ungefähr fünfzigmillionenmal so gross, als der des Kupfers.

Aber auch die Geschwindigkeit, mit der die Nervenfasern ihre eigenen Impulse leiten, ist verhältnissmässig sehr gering im Vergleiche mit der Geschwindigkeit, mit der sich die electrischen Erregungen fortpflanzen. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Erregungen in den Nerven fortpflanzen, ist zuerst durch Helmholtz nach zwei verschiedenen Methoden gemessen worden.

Er benutzte bei der ersten Methode das Myographion, das dazu dient, den zeitlichen Verlauf der Muskelcontraction in einer Curve darzustellen. Dabei beobachtet man zuerst ein Stadium der latenten Reizung, hierauf erfolgt die Contraction des Muskels, erreicht ihr Maximum, dann erschlafft die Muskelfaser und kommt endlich nach einigen Schwingungen in ihrer Gleichgewichtslage zur Ruhe. Wenn man nun z. B. den Nerven des Gastroknemius des Frosches, welcher am Myographion arbeitet, lang herauspräparirt hat und einmal den Inductionsschlag, mit dem gereizt wird, dicht am Muskel durchgehen lässt, während man ihn ein anderes Mal in beträchtlicher Entfernung vom Muskel hindurchsendet, so erhält man zwei Zuckungscurven, die dann nicht zusammenfallen, sondern um ein Stück gegeneinander verschoben sind. Nimmt man nun zwei correspondirende Punkte der beiden Curven, z. B. die beiden Gipfel, und misst die horizontale Entfernung zwischen ihnen, so erhält man das Stück, um welches die zweite Curve gegen die erste verschoben ist, und, wenn man die Geschwindigkeit kennt, mit der der Cylinder, auf dem der Stift schreibt, rotirte, so kann man daraus die Zeit berechnen, die verbraucht wurde, damit die Erregung von der höheren Reizstelle bis zur tieferen fortgepflanzt wurde.

Die zweite Methode mittelst der Helmholtz die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregungen bestimmte, beruht auf einer Methode von Pouillet, die derselbe angegeben, um überhaupt sehr kleine Zeiträume zu messen. Wenn durch eine Tangentenboussole ein electrischer Strom eine sehr kurze Zeit hindurch geht, so lenkt er die Magnetnadel ab; er lenkt sie aber natürlich nicht zu dem ganzen Ausschlage ab, welcher erzielt worden wäre, wenn der Strom längere Zeit hindurchgegangen wäre. Wenn man nun die constante Ablenkung kennt, welche die Magnetnadel dieser Boussole erhalten würde, wenn der Strom von *derselben* Stärke dauernd durch dieselbe hindurchginge, und die Schwin-

gungsdauer der Magnetnadel; so kann man daraus die Zeit berechnen, während welcher der Strom hindurchgegangen ist, um eben diese geringere Ablenkung, die man beobachtet hat, hervorzurufen. Nachdem man also die constante Ablenkung der Boussole durch einen Strom von bestimmter Stärke experimentell ermittelt hat, dient das blosse Ablesen der kleinen Ablenkung, welche dadurch erzielt wird, dass der Strom eine sehr kurze Zeit hindurchgeht, dazu eben die Dauer dieser sehr kurzen Zeit zu berechnen.

Dieses Verfahrens hat sich nun Helmholtz in der Weise bedient, dass er einen Muskel vom Nerven aus einmal dicht am Muskel durch einen Inductionsschlag reizte. Gleichzeitig mit dem Reize trat der Strom in den Multiplicatorkreis ein. Wenn der Muskel sich zusammenzog, hob er eine Platinspitze von einer Platte ab und öffnete dadurch diesen Kreis. Dann hörte also der Strom im Multiplicator auf. Unmittelbar darauf hob der Muskel auch noch eine Spitze aus Quecksilber und öffnete so den Kreis an einer zweiten Stelle. Das Quecksilberniveau war so eingerichtet, dass, wenn die Metallspitze einmal herausgehoben war und dann auch wieder herunterfiel, sie das Quecksilberniveau nicht mehr berührte. Es war nämlich vorher ein Quecksilbertropfen aufgezogen worden, so dass, so lange als der Contact dauerte, die Leitung stattfand: so wie aber durch Herunterfallen des Tropfens der Contact unterbrochen worden, stellte er sich nicht mehr her. Auf diese Weise war also der Strom durch den Multiplicator gegangen von der Zeit an, wo der Reiz erfolgte, bis zur Zeit, wo der Muskel sich so weit contrahirte, dass er die Platinspitze abhob. Nun wurde derselbe Versuch so angestellt, dass am oberen Ende des Nerven gereizt wurde, und man erhielt so zwei Zeitwerthe, die man von einander subtrahirte, und die Differenz, welche man erhielt, war offenbar die Zeit, welche verbraucht worden war, damit die Erregung sich von der oberen bis zur unteren Reizstelle fortpflanze. Die Mittelwerthe der Versuche, die nach diesen beiden Methoden angestellt waren, haben merkwürdig übereinstimmende Resultate ergeben. Helmholtz erhielt nämlich als Mittelwerth bei der ersten Methode 27·25 Meter in der Secunde, nach der zweiten 26·40. Man sieht aus diesen Zahlen, wie ausserordentlich langsam diese Leitung vor sich geht, im Vergleiche mit der Geschwindigkeit, mit welcher sich electrische Vorgänge fortpflanzen. Auch diese Zahlen gelten nur für die Leitung in den Nervenstämmen. S. Exner hat nachgewiesen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Gehirn und Rückenmarke des Frosches noch geringer ist.

Helmholtz hat nun auch versucht am Körper des lebenden Menschen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den motorischen Nerven zu bestimmen. Wir wissen, dass man durch feuchte Stromgeber die Nervenstämme in der Tiefe an verschiedenen Orten ihres Verlaufes erregen kann, so dass die von ihnen innervirten Muskeln in Zusammenziehung versetzt werden. So kann man Muskeln, die die Hand und Finger bewegen, einerseits in Zusammenziehung versetzen von Erregungsstellen am Unterarme, andererseits von Erregungsstellen hoch oben am Oberarme. In dieser Weise hat Helmholtz Versuche angestellt über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven des lebenden Menschen. Aber Anfangs stimmten seine Versuche und die anderer Beobachter sehr wenig überein. Nun hatte sich bei den Versuchen an Fröschen schon gezeigt, dass, wenn die

Frösche vorher erkältet worden sind, die Leitung in den Nerven bedeutend verlangsamt ist, und als Helmholtz im Vereine mit Baxt diese Versuche von Neuem aufnahm, richtete er seine Aufmerksamkeit darauf, ob nicht vielleicht die Temperatur eine wesentliche Ursache der abweichenden Resultate sei.

In der That fanden die beiden Beobachter, dass die Werthe sehr verschieden ausfielen, je nachdem sie den Arm, an dem sie experimentirten, künstlich erwärmten oder erkälteten, und zwar war die Geschwindigkeit immer grösser, wenn sie vorher erwärmt hatten, und geringer, wenn sie früher erkältet hatten. Sie erhielten dabei Werthe, von denen der eine gegen den andern beiläufig um das Doppelte verschieden war. Es war aber nicht allein die Temperatur, sondern auch die Länge der durchlaufenen Strecke, die in Betracht kam. Wenn sie an zwei Stellen des Unterarms reizten und dann die Geschwindigkeit berechneten, mit der sich die Erregung fortpflanzte, so bekamen sie einen geringeren Werth als wenn sie das eine Mal hoch oben am Oberarm, das andere Mal unten am Unterarm reizten. Auf solche Weise, durch Temperaturveränderungen und durch Veränderungen in der Länge der durchlaufenen Strecke konnte an einem und demselben Individuum einmal eine Geschwindigkeit von $36^1/_2$ Meter in der Secunde, das andere Mal eine Geschwindigkeit von $89^1/_2$ Meter in der Secunde erzielt werden. Für die Fortpflanzung motorischer Impulse im menschlichen Rückenmark fand S. Exner 11 bis 12 Meter in der Secunde.

Behufs der Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven erregt man zwei Stellen, die verschieden weit vom Gehirne entfernt sind und lässt das Individuum, wenn es die Erregung fühlt ein Zeichen geben. Auf diese Weise bekommt man auch wieder zwei Zeiten, die man von einander subtrahiren kann und die Differenz entspricht im Allgemeinen der Zeit, die die Erregung brauchte, um von der entfernter liegenden Reizstelle bis zur Höhe der näher liegenden sich fortzupflanzen. Man schätzt nach diesen Versuchen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Empfindungsnerven ungefähr so gross, wie in den Bewegungsnerven. Für die Fortpflanzung in sensibeln Bahnen des menschlichen Rückenmarkes fand S. Exner 8 Meter in der Secunde.

Wir haben eben gesehen, dass die Versuchsresultate verschieden ausfielen, je nachdem man eine kürzere oder längere Strecke der motorischen Nerven benützte, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in derselben zu messen. Es führt uns dies zu einer andern merkwürdigen Eigenthümlichkeit der Nerven, durch die sie sich auch wieder ganz von den electrischen Leitungen entfernen. Wenn man den Nerven eines Muskels lang herauspräparirt und abschneidet und nun den geringsten Reiz, den schwächsten Stromstoss sucht, der, wenn man nahe am Ende reizt, noch Muskelcontraction hervorruft, so zeigt sich, wie Pflüger fand, dieser Stromstoss unwirksam, wenn man ihn in der Nähe des Muskels durch den Nerven sendet, mit anderen Worten, die Reizbarkeit des Nerven nimmt vom Muskel gegen das abgeschnittene Ende hin zu, und zwar in sehr auffallender Weise. Heidenhain fand später, dass auch in der Nähe des Muskels die Reizbarkeit wächst, wenn man den Nerven verkürzt. Bei jedem Stück Nerv, das man abschneidet, erhöht sich die Reizbarkeit von Stufe zu Stufe und erreicht ihr Maximum, wenn die

Electroden dicht am Schnittende liegen. Man muss deshalb die stromprüfenden Froschschenkel, d. h. die Nervmuskelpräparate, welche man benützt um schwache und kurzdauernde Stromstösse zu signalisiren, immer so mit den Electroden in Verbindung bringen, dass die eine derselben ganz nahe am Nervenende liegt. Die andere kann man einige Millimeter davon gleichfalls an den Nervenstamm legen, oder mit gutem Erfolge auch an den enthäuteten Muskel, wenn der Nerv hinreichend kurz ist um keinen zu grossen Leitungswiderstand zu machen.

Eine andere wichtige Eigenthümlichkeit der Nervenfasern ist die, dass sie nach du Bois' Entdeckung selbst electromotorisch wirken und zwar in ganz ähnlicher Weise wie die Muskeln, nur dass die Ströme, welche sich von den Nerven ableiten lassen, viel schwächer sind als die Ströme, die man von den Muskeln erhält.

Denken wir uns wieder die Zuleitungsgefässe, den Multiplicator und die Bäusche, und stellen wir uns vor, dass ein Nerv so aufgelegt wäre, dass er auf der einen Seite mit dem natürlichen Längsschnitte, d. h. also mit seiner natürlichen Oberfläche, auf der andern mit dem Querschnitte berührt, so erhalten wir einen Strom im Multiplicatordrahte, der vom Längsschnitte des Nerven zum Querschnitte desselben gerichtet ist, gerade so wie wir dies bei den Muskeln gesehen haben. Legen wir den Nerven so auf, dass er auf beiden Seiten mit dem Längsschnitte berührt und zwar mit symmetrischen Punkten, d. h. Punkten, die gleichweit von den Enden des Nervenstückes entfernt sind, so erhalten wir keinen Strom, und ebensowenig erhalten wir einen Strom, wenn wir ein Nervenstück so mit den Bäuschen in Verbindung bringen, dass auf beiden Seiten der Querschnitt berührt. Es wiederholt sich hier also Alles, was wir bei den Muskeln kennen gelernt haben, wir brauchen nur statt des Wortes Muskelfaser das Wort Nervenfaser zu setzen. Die Ströme sind schwächer, aber nur wegen des grösseren Widerstandes. Die electromotorische Kraft ist nach du Bois so gross, wie bei den Muskeln, wenn nicht grösser.

Wir haben in den Muskeln eine negative Stromschwankung kennen gelernt, welche eintritt, wenn wir durch intermittirende electrische Ströme die Muskeln zur Zusammenziehung reizen. Die analogen Erscheinungen finden sich auch bei den Nerven. Auch hier haben wir eine negative Stromschwankung, die von du Bois entdeckt ist. Er fand, dass sie an der Reizstelle beginnt und sich von hier nach beiden Seiten des Nerven fortpflanzt, dass sie mit der Stärke des Reizes wächst und durch eine gequetschte oder durchschnittene Stelle nicht hindurchgeht. Um die negative Schwankung wahrzunehmen ist es nicht nöthig, den Nerven electrisch zu erregen. Du Bois hat sie auch an Nerven lebender Frösche beobachtet, die durch Strychnin in Tetanus versetzt wurden, wie auch am heraushängenden Nerven eines Froschbeines, welches mit siedender Kochsalzlösung verbrüht wurde. In neuerer Zeit ist die negative Schwankung von Bernstein mit grossem Scharfsinne studiert worden. Er zeigte, dass sie sich jederseits mit einer Geschwindigkeit von etwa 28 Meter in der Secunde fortpflanzt, einer Geschwindigkeit also, die von derjenigen, mit der sich die motorischen Impulse in den Froschnerven fortpflanzen, voraussichtlich nicht wesentlich verschieden ist. Auch zeigte er, dass sie so weit gesteigert werden kann, dass nicht nur in dem

Augenblicke der negativen Stromschwankung der ursprüngliche Nervenstrom gänzlich verschwindet, sondern dass er sich auch umkehrt, ja, dass der Strom in der entgegengesetzten Richtung den ursprünglichen Strom um das Mehrfache übertrifft. Er hat ferner gefunden, dass diese durch einen Strom verschwindender Dauer erzeugte negative Stromschwankung keine unmessbar kleine Zeit dauert, sondern dass sich die Zeit ihrer Dauer bestimmen lässt, und zwar fand er, dass die Dauer einer solchen negativen Schwankung 0,00065 Secunden beträgt. Da nun dies die Dauer einer einzigen Schwankung ist, und dieselbe sich mit der Geschwindigkeit von 28 Meter in der Secunde fortpflanzt, so ergibt sich daraus, dass die Stromschwankung sich in Gestalt einer Welle längs des Nerven fortpflanze, die eine Länge von 18 Millimetern hat, d. h. wenn der Nerv an irgend einer Stelle erregt wird, so beträgt die Strecke, innerhalb welcher die electromotorischen Eigenschaften desselben so verändert sind, dass der Nervenstrom nicht in seiner ursprünglichen Stärke existirt, dass er entweder geringer oder sogar entgegengesetzt gerichtet ist, 18 Millimeter.

Man kann sich dies unter dem Bilde vorstellen, als ob bei jedem Stromstosse ein Strom in entgegengesetzter Richtung in die betreffende Nervenstrecke hineinbräche und erst den Nervenstrom compensirte, endlich einen Strom in entgegengesetzter Richtung hervorbrächte und dann allmälig wieder aufhörte. Richtiger stellt man sich die Sache vor, wenn man sich denkt, dass im Nerven selbst eine molekulare Veränderung vor sich geht, vermöge welcher zuerst der ursprüngliche Nervenstrom abnimmt, dann Null wird, und endlich, indem die molekulare Veränderung noch weiter fortschreitet, durch die veränderte Anordnung nunmehr ein Strom in entgegengesetzter Richtung hervorgebracht wird, bis dann die Moleküle in ihre ursprüngliche Lage zurückfallen und so wiederum der ursprüngliche Nervenstrom in seine alten Rechte eintritt. Wenn ein aufgelegter Nerv durch die gewöhnlichen tetanisirenden Vorrichtungen erregt wird, so zeigt die Multiplicatornadel beim Tetanisiren des Nerven, trotz der momentanen Umkehrung des Stromes, wie dies schon du Bois wusste, niemals einen umgekehrten Strom an, sondern immer nur eine Stromabnahme. Das rührt daher, dass jede dieser negativen Stromschwankungen nur eine sehr kurze Zeit dauert und dazwischen sich immer die reizfreien Zeiten einschieben, in welchen der ursprüngliche Nervenstrom wieder hervortritt. Die Nadel folgt bei der Trägheit ihrer Bewegungen nicht dem einzelnen Stromstosse, sondern den summirten Wirkungen der negativen Stromschwankungen und der zwischen denselben wieder hervortretenden ursprünglichen Nervenströme.

Eine andere auffallende Veränderung in dem Strömungsvorgange bringt es hervor, wenn man einen constanten Strom durch den Nerven hindurchleitet. Denkt man sich einen Nerven auf der einen Seite mit dem Längsschnitte, auf der anderen mit dem Querschnitte aufgelegt, so nennt man die Strecke, welche mit den feuchten Multiplicatorenden in Berührung ist, die abgeleitete Strecke, und die Strecke, durch welche man den constanten Strom hindurchsendet, die erregte Strecke. Nun gibt es zweierlei Möglichkeiten. Es kann der Strom in der erregten Strecke gleichgerichtet sein mit dem Strome, der im Nerven in der abgeleiteten Strecke fliesst. In diesem Falle nimmt die Ablenkung der

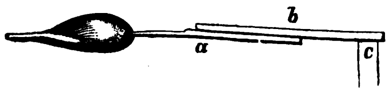
Magnetnadel zu, der Nervenstrom ist also in seiner Intensität erhöht. Wenn man dagegen den constanten Strom umkehrt, so geht die Nadel zurück, man erhält eine geringere Ablenkung, es ist also jetzt der Nervenstrom vermindert, es ist als ob sich ein entgegengesetzter Strom etablirt hätte, der den Nervenstrom compensirt. Dieser Zustand, in den ein Nerv dadurch versetzt wird, dass eine Strecke desselben von einem constanten Strome durchflossen wird, ist der von du Bois entdeckte Electrotonus.

Du Bois hat auch nachgewiesen, dass man es hier keineswegs mit hereinbrechenden Stromschleifen zu thun habe, welche den Nervenstrom compensiren oder verstärken könnten. Der Beweis hiefür ist leicht zu führen. Man durchschneidet den Nerven zwischen erregter und abgeleiteter Strecke und legt die Enden wieder so aneinander, dass sie sich mit ihren feuchten Flächen berühren. Dies kann für den electrischen Strom kein Hinderniss abgeben: der electrische Strom geht durch eine feuchte Schichte ebenso hindurch, wie durch einen Nerven. Es müsste also dieses Nervenstück auch dann in Electrotonus zu versetzen sein, falls man es in der That nur mit Stromschleifen zu thun hätte. Dies ist aber nicht der Fall. Ja, wenn man den Nerven mit einem nassen Faden zwischen der abgeleiteten und durchflossenen Strecke umschnürt, hört jede Wirkung auf, obwohl dies doch durchaus kein Hinderniss für eine hereinbrechende Stromschleife abgibt. Der Electrotonus setzt sich in derselben Weise nach beiden Seiten fort, wie die negative Stromschwankung, welche einem momentanen Stromstosse folgt. Wenn man an dem andern Ende des Nerven einen zweiten Multiplicator anbringt, so dass der Nerv auch am andern Ende mit Längsschnitt und Querschnitt berührt, so treten auch am zweiten Multiplicator dieselben Erscheinungen, wie an dem ersten auf. Jedesmal wird, wenn der Strom in der abgeleiteten Strecke gleichgerichtet ist mit dem in der erregten, die Ablenkung der Magnetnadel zunehmen, wenn das Umgekehrte der Fall ist, wird die Ablenkung der Magnetnadel abnehmen. Also auch hier wird ganz gleichmässig nach beiden Seiten hin, nach aufwärts und abwärts nach der natürlichen Lage des Nerven, die Veränderung fortgepflanzt, die durch den electrischen Strom hervorgebracht wird. Die Stärke des Electrotonus hängt wesentlich von zwei Momenten ab. Erstens von der Stärke des durchfliessenden Stromes und zweitens von der Länge der durchflossenen Strecke, so dass er mit dieser zunimmt. Die Erscheinungen des Electrotonus zeigen sich ferner am stärksten in der Nähe der durchflossenen Strecke und nehmen von da an mit zunehmender Entfernung ab.

Mit diesen Veränderungen, die durch den electrischen Strom hervorgebracht werden, steht ein sehr merkwürdiger Versuch im Zusammenhang. Nimmt man einen vorsichtig herauspräparirten Nerven, z. B. den Ischiadicus eines Frosches, und legt neben ihn und an ihn einen zweiten Nerven, welcher noch mit einem Muskel oder mit einem ganzen Schenkel in Verbindung steht, und reizt das erste Nervenstück durch Schliessen und Oeffnen eines electrischen Stromes, so tritt Zuckung ein, vorausgesetzt, dass die Präparate hinreichend frisch und einem empfindlichen Frosche entnommen sind. Obgleich nun diese beiden Nerven gar nicht mit einander in organischer Verbindung stehen, zuckt doch der Muskel, wenn ich den ersten Nerven reize. Der Nerv, an dem noch der Muskel

hängt (Figur 4, *a*) schliesst, indem er an den andern (Figur 4, *b*), angelegt ist, einen Stromkreis, durch den der Nervenstrom eben dieses anderen circulirt. Dieser Strom durchfliesst also den Nerven, der noch mit dem Muskel in Verbindung ist, er ist durch denselben abgeleitet. Die Schwankung, die man durch den etwa in *c* angebrachten electrischen Strom in dem einen Nerven hervorruft, erstreckt sich auf dessen ganze Länge, somit auch auf die abgeleitete Strecke desselben, und durch die Schwankung, welche so in dem den anderen Nerven durchfliessenden Nervenstrome entsteht, wird ein Reiz erzeugt, vermöge welches sich der Muskel zusammen zieht. Man kann diesen Versuch auch noch in anderer Weise anstellen. Man nimmt zwei Nerven in ihrer natürlichen Zusammenlagerung. Ein Nervenstamm spalte sich in zwei Aeste; man präparirt den einen Ast eine Strecke lang heraus und lässt den andern in Verbindung mit seinem Muskel. Nun schickt man durch das herauspräparirte Ende einen electrischen Strom. Da zuckt der Muskel, wenn der Strom hinreichend stark ist, obgleich man doch anscheinend keinen Nerven gereizt hat, der mit diesem Muskel in directer Verbindung steht. Das kommt wiederum daher, dass der Strom des einen Nerven durch den anderen Nerven abgeleitet, für ihn ein Stromkreis geschlossen wird. Der in diesem Kreise circulirende Nervenstrom wird durch den hindurchgesendeten Strom in Schwankung versetzt, und diese Schwankung ruft die Zuckung im Muskel hervor. In dieser Gestalt pflegt man den Versuch mit dem Namen der paradoxen Zuckung zu bezeichnen.

Fig. 4.



Diese paradoxen Zuckungen können zu einer Quelle der Täuschung für den experimentirenden Physiologen werden. Wir müssen, wenn wir einen Nerven electrisch reizen, dem unmittelbar anliegend andere Nerven verlaufen, stets besorgt sein, dass auch diese gegen unsere Absicht gereizt werden. Man muss deshalb, wenn man sich electrischer Reize bedient, die schwächsten nehmen, mit denen man überhaupt auskommen kann, weil man dann am wenigsten zu fürchten hat, solche Stromschwankungen hervorzurufen, durch welche in benachbarten Nervenbündeln Erregungen hervorgerufen und somit paradoxe Zuckungen erzeugt werden können.

Um diesen Befürchtungen und überdies denen vor hereinbrechenden Stromschleifen ganz zu entgehen, hat man in neuerer Zeit in der speciellen Nervenphysiologie wieder mehr die mechanische Reizung in Gebrauch gezogen. Die mechanischen Reize haben aber, wenn man sie auf die gewöhnliche Weise durch Zwicken mit einer Pincette anwendet, den Nachtheil, dass dadurch die Nervenfaser theilweise verbraucht wird, und nur noch die Theile derselben gereizt werden können, die weiter nach aufwärts liegen bei sensiblen, oder weiter nach abwärts liegen bei motorischen Nerven. Um nun an einer und derselben Stelle mehrmals mechanisch reizen zu können, und auch um an einer und derselben Stelle sehr rasch hintereinander mechanische Reize anbringen zu können, hat Heidenhain ein Instrument construirt, das er mit dem Namen des Tetanomotors belegt.

Er befestigt an dem Hammer eines Neef'schen Magnetelectromotors einen Stab mit einem kleinen über den Magneten hinaus liegenden Häm-

merchen. Darunter stellt er eine Rinne, welche auf einem Stabe steht, der wiederum in einer Hülse mittelst einer Schraube auf und ab bewegt werden kann. In diese Rinne wird der zu reizende Nerv hineingelegt und nun wird er so weit in die Höhe gebracht, dass er gerade eben von dem Hammer leicht getroffen, dadurch eine Reizung hervorgerufen, der Nerv aber nicht zerquetscht wird. Da dieses Hämmerchen mit dem Hammer des Neef'schen Magnetelectromotors verbunden ist, hat es oft Schwierigkeiten zu dem zu reizenden Nerven hinzukommen. Heidenhain hat deshalb einen andern Tetanomotor construirt, bei dem ein eben solches Hämmerchen, durch eine Kurbel und Zahnräder in Bewegung gesetzt wird, ähnlich wie die Zahnärzte den Bohrer bewegen, mit welchem sie innerhalb des Mundes Zähne ausbohren. Auf diese Weise kann er den mechanischen Tetanomotor mit Leichtigkeit an die Stellen hinbringen, welche er reizen will.

Functionelle Verschiedenheiten der Nerven.

Es tritt die Frage an uns heran, was für verschiedene Arten von Nerven es gibt und wie sich dieselben von einander unterscheiden. Es muss schon bei oberflächlicher Betrachtung auffallen, dass es zwei sehr wesentlich verschiedene Thätigkeiten gibt, die eine, bei der Eindrücke von aussen aufgenommen werden, die uns Empfindungen verursachen, und die andere, bei der Erregungen vom Centralorgane zu den Muskeln hingehen, durch die letztere zur Contraction bestimmt, durch die Bewegungen ausgelöst werden. Erst durch die fast gleichzeitigen Bemühungen von Charles Bell und Magendie hat man die eine Art der Nerven, die Bewegungsnerven, von der andern Art, den Empfindungsnerven, unterscheiden gelernt. Bell fand nämlich zuerst auf dem Wege der Beobachtung und Induction, dass diejenigen Hirnnerven, welche vorderen Rückenmarkswurzeln entsprechen, indem sie wie diese ohne ein Wurzelganglion entspringen und aus Theilen hervorgehen, welche als Fortsetzungen der vorderen grauen Substanz des Rückenmarks erscheinen, motorische Nerven sind; dass dagegen diejenigen Hirnnerven, die mit einem Wurzelganglion entspringen und sich analog den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven verhalten, sensible Nerven sind, und er schloss deshalb auch, dass die vorderen Rückenmarkswurzeln motorische und die hinteren Rückenmarkswurzeln sensible Wurzeln der Nerven seien. In der Hauptsache zu demselben Resultate gelangte Magendie auf dem Wege des directen Versuches. Aber auch Johannes Müller hat noch wesentlich mit zur Begründung und Befestigung des Bell'schen Gesetzes beigetragen, indem er die Versuche, die Magendie an Säugethieren angestellt hatte, zuerst an Fröschen anstellte, wo sie ein viel klareres und unzweifelhafteres Resultat ergaben als bei den Säugethieren. J. Müller durchschneidet auf einer Seite die sämmtlichen hinteren Wurzeln derjenigen Rückenmarksnerven, welche zu den unteren Extremitäten des Frosches gehen. Dann ist die betroffene Extremität vollkommen empfindungslos. Sobald aber das Thier sich ein wenig erholt hat, bewegt es diese Extremität wieder ebenso wie die andern. Er durchschneidet nun auf der andern Seite von den sämmtlichen Nerven, die zur hinteren Extremität gehen, die vorderen Wurzeln und lässt die hinteren unversehrt. Dann ist dieses Bein vollständig gelähmt, aber es

hat noch seine Empfindung. Wenn man einen solchen Frosch an dem Beine kneipt, welchem die vorderen Wurzeln durchschnitten sind, so kann er dieses Bein nicht wegziehen, weil es gelähmt ist; aber er sucht mit den drei andern Extremitäten zu entfliehen. Wenn man dagegen an dem andern Beine kneipt, dem die hinteren Wurzeln durchschnitten sind, so empfindet er hievon durchaus nichts, ja man kann ihm mit der Scheere stückweise von den Zehen angefangen diese Extremität abschneiden; wenn man nicht das ganze Thier dabei erschüttert, so empfindet es nichts davon und bleibt ganz ruhig sitzen.

Hiemit stimmen auch die Reizversuche vollkommen überein, indem J. Müller fand, dass, wenn er die centralen Stümpfe der durchschnittenen hinteren Wurzeln reizte, er dann lebhafte Schmerzensäusserungen von Seite der Thiere bekam, dass er dagegen, wenn er die centralen Enden der durchschnittenen vorderen Wurzeln reizte, keine Schmerzempfindung erhielt. Reizte er den peripherischen Stumpf der durchschnittenen vorderen Wurzeln, bekam er Zuckungen in den betreffenden Muskeln, reizte er aber die peripherischen Stümpfe der durchschnittenen hinteren Wurzeln, bekam er keinerlei Zuckung.

Nicht so einfach und auf den ersten Anblick verständlich waren die Resultate, welche Magendie an Säugethieren erhalten hatte. Es muss zunächst bemerkt werden, dass so einfach diese ganze Operation und diese Versuche an Fröschen sind, sie keineswegs so einfach und leicht an Säugethieren auszuführen sind. Es ist hier eine viel schwierigere Operation, das Rückenmark blosszulegen. Man hat mit der Blutung und der Erschöpfung des Thieres zu thun. Endlich verlaufen die Nervenwurzeln der Säugethiere nur eine verhältnissmässig kurze Strecke im Wirbelkanal, weil sie weniger schräg gegen die Richtung des Rückenmarks abtreten. Bei den Fröschen aber verlaufen sie in einer längeren Strecke zu beiden Seiten des Rückenmarks nach abwärts, so dass man sie hier an jedem Orte dieser Strecke durchschneiden und an den durchschnittenen Wurzeln experimentiren kann. Magendie fand nun, dass, wenn er bei Säugethieren die hinteren Wurzeln reizte, er dann allerdings Schmerzensäusserungen bekam; er fand aber auch, dass er Schmerzensempfindungen bekam, wenn er die vordere Wurzel reizte, und es fragt sich deshalb, woher diese Empfindlichkeit der vorderen Wurzel kommt. Hierüber haben in neuerer Zeit namentlich Longet und Bernard gearbeitet. Dieser fand, dass erstens die unversehrten vorderen Wurzeln sich empfindlich erweisen, so lange die hinteren Wurzeln noch erhalten sind. Wenn man eben eine solche vordere Wurzel durchschneidet und dann den centralen Stumpf derselben reizt, so bekommt man dadurch keine Empfindung; diese tritt aber auf, wenn man das peripherische Stück der durchschnittenen vorderen Wurzel reizt. Hat man vorher die dazu gehörige hintere Wurzel durchschnitten, so bekommt man weder von der intacten vorderen Wurzel, noch von dem peripherischen Stumpfe, noch vom centralen Stumpfe der durchschnittenen vorderen Wurzel eine Empfindung. Alle diese Erscheinungen, so complicirt sie auf den ersten Anblick scheinen, erklären sich durch eine sehr einfache Annahme. Man nimmt nämlich an, dass Fasern, die aus den sensiblen Wurzeln stammen, nachdem sie in diesen fortgelaufen sind *bis zur* Vereinigung mit den motorischen Wurzeln, im Nervenstamme

umbiegen und in der motorischen Wurzel wieder zurücklaufen. Unter dieser Annahme habe ich erstens Empfindlichkeit der vorderen Wurzel, so lange die hintere existirt. Dieselbe hört aber begreiflicherweise auf, wenn ich die hintere Wurzel durchschneide, weil dann die betreffenden Fasern nicht mehr mit dem Centralorgane in Verbindung stehen. Wenn ich die hintere Wurzel erhalte, dagegen die vordere durchschneide, so kann ich keine Empfindung mehr bekommen vom centralen Stumpfe der vorderen Wurzel, weil ich hier nur sensible Nervenfasern reize, die bereits zwischen der Reizungsstelle und dem Centralorgane durchschnitten sind. Wenn ich aber den peripherischen Stumpf der durchschnittenen vorderen Wurzel reize, so reize ich sensible Nervenfasern, die noch durch die hintere Wurzel mit dem Centralorgane in Verbindung stehen. Diese Empfindlichkeit des peripherischen Stumpfes muss aber aufhören, wenn ich die hintere Wurzel durchschneide, was auch in der That der Fall ist. Diese Art der Sensibilität bezeichnet man mit dem Namen der recurrirenden Sensibilität. Es ist klar, dass die recurrirende Sensibilität durchaus nichts gegen die Allgemeingiltigkeit des Bell'schen Gesetzes beweist.

Es stellt sich weiter die Frage: wie soll man denn das Bell'sche Gesetz verstehen? Soll man sich denken, dass es zwei verschiedene Arten von Nerven gibt, die in ihrer Substanz, in ihrem Wesen so verschieden sind, dass die einen nur im Stande sind Impulse vom Centrum nach der Peripherie zu leiten, das würden die Fasern der vorderen Wurzeln sein, und eine andere Art, die nur im Stande ist Impulse von der Peripherie nach dem Centrum zu leiten, das würden die Fasern der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven sein. Oder, soll man sich denken, dass an und für sich jede Nervenfaser Impulse sowohl nach abwärts als nach aufwärts leiten könne, dass aber für die eine Art von Nervenfasern die Impulse immer vom Centrum herkommen, und für die andere Art von Nervenfasern die Impulse immer von der Peripherie herkommen? Man sieht leicht ein, dass dann die einen Fasern nur motorische Wirkungen ausüben können, obwohl sie doppelsinnig leiten, wenn sie nämlich an ihrem peripherischen Ende in Verbindung stehen mit Muskeln und an ihrem centralen Ende mit Ganglienkugeln, von welchen aus die Willensimpulse gehen, die die Muskeln in Zusammenziehung versetzen: während die anderen Nerven, die aus den hintern Wurzeln entspringen, an und für sich möglicherweise auch doppelsinnig leiten können, aber begreiflicherweise deshalb keine Bewegung hervorbringen, weil sie an ihren peripherischen Enden nicht mit Muskeln, sondern mit empfindenden Theilen in Verbindung stehen, während umgekehrt ihre centralen Enden mit Nervenzellen in Verbindung stehen, welche uns eben diese Eindrücke als solche zum Bewusstsein bringen. In der That neigt man sich in neuerer Zeit dieser letzteren Vorstellung zu, nämlich der, dass an und für sich die Nerven insofern gleichwerthig seien, als beide Arten sowohl von der Peripherie nach dem Centrum als von dem Centrum nach der Peripherie leiten können, dass ihre functionelle Verschiedenheit nicht sowohl von ihrer eigenen Natur abhängt, als vielmehr von den Gebilden mit denen sie einerseits im Centralorgan und andererseits an der Peripherie in Verbindung stehen. Es sind dafür verschiedene nicht unwichtige Gründe aufgebracht worden.

Erstens hat du Bois nachgewiesen, dass der Electrotonus und die negative Stromschwankung sich in jeder Art von Nerven ganz gleich nach aufwärts und nach abwärts fortpflanzen. Wenn man irgendwo durch einen Nerven einen Stromstoss durchleitet, so bekommt man jedesmal eine negative Schwankung, die sich mit gleichmässiger Geschwindigkeit nach beiden Seiten des Nerven hin fortsetzt. Aus den Versuchen von Bernstein geht, wie wir gesehen haben, hervor, dass die negative Schwankung mit gleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt wird, wie die Nervenerregung. Man kann also kaum zweifeln, dass die Welle der negativen Stromschwankung identisch sei mit der Reizwelle, die über die Nervenfaser abläuft, und es wird eben dadurch sehr wahrscheinlich, dass nach beiden Seiten hin die Reizwelle gleichmässig ablaufen kann.

Ferner hat Kühne einen Versuch, der für die doppelsinnige Leitung der Nerven in Anspruch genommen wird, angestellt. Kühne hängt den M. Sartorius vom Frosche frei auf. Im Sartorius des Frosches reichen die Nerven beiderseits nicht ganz bis zum Ende, namentlich an der einen Seite befindet sich ein bedeutendes Stück nervenfreier Muskelsubstanz. Nun spaltet er den Sartorius durch dieses nervenfreie Stück bis hinauf in die nervenhaltige Substanz. Dann schneidet er mit einer Scheere den einen der so gebildeten Lappen stückweise ab. So lange er in der nervenfreien Substanz sich befindet, zuckt immer nur die Seite des Muskels, an welcher er schneidet. Wenn er aber über eine gewisse Grenze hinauskommt, und zwar in die nervenhaltige Substanz, so zuckt plötzlich bei einem Schnitte die zweite Seite des Muskels mit, ja, der ganze andere Lappen verkürzt sich mit. Kühne erklärt diesen Versuch folgendermassen: Die Nervenfasern im Sartorius verzweigen sich vielfach dichotomisch. Nun kann es nicht fehlen, dass von einer solchen dichotomischen Theilung das eine oder das andere Mal ein Ast in den einen Lappen, der andere in den zweiten hineingeht. Wenn man so weit schneidet, dass der eine Ast einer solchen Nervenfaser angeschnitten wird, so reizt man ihn und dadurch wird der andere Ast, welcher in den andern Lappen geht, mitgereizt, und dieser andere Lappen mit in Zusammenziehung versetzt. Man sieht leicht ein, dass bei dieser Erklärung vorausgesetzt werden muss, dass in dem ersten Aste eine Leitung in umgekehrter Richtung, eine Leitung nach aufwärts in einer motorischen Nervenfaser stattfinde.

Wir haben bis jetzt nur von sensiblen und motorischen Nerven gesprochen. Es ist aber klar, dass vom Centrum nach der Peripherie auch andere Impulse fortgeleitet werden können als solche, die eine Bewegung erzeugen. Es können zunächst Impulse fortgeleitet werden in Nerven, welche sich in Drüsen verzweigen, so dass das Anlangen dieser Impulse die letzteren zur secretorischen Thätigkeit anregt. Solche Nerven nennen wir Absonderungsnerven. Dann können bei den electrischen Fischen Impulse fortgepflanzt werden in Nerven, welche zum electrischen Organe gehen, Impulse die, wenn sie eintreffen, die molekulare Anordnung dieses Organs so verändern, dass sie dasselbe plötzlich in eine kräftig wirkende Batterie verwandeln. Solche Nerven nennen wir electrische Nerven; nicht weil sie selbst electrisch sind, sondern weil sie Impulse fortleiten zu den electrischen Organen, oder vielmehr, weil sie diese Organe in Wirksamkeit versetzen. Wir unter-

scheiden endlich noch Hemmungsnerven. Diese sind solche, in deren Bahnen Impulse fortgeleitet werden, vermöge welcher eine Bewegung, die sonst eingetreten wäre, gehindert wird. Man hat diese Art von Nerven zuerst durch Eduard Weber kennen gelernt, der in den Bahnen des Vagus Fasern verlaufen fand, die zum Herzen gehen, und wenn sie erregt werden, nicht das Herz stärker schlagen, sondern in der Diastole still stehen machen und also die Contraction des Herzens verhindern.

Ausser diesen fünf Arten von Nerven hat man noch trophische Nerven unterschieden, d. h. Nerven, welche Impulse vom Centrum zur Peripherie bringen, vermöge welcher die Ernährung in den betreffenden Gebilden in regelmässigem Gange erhalten werden soll. Man hat nach der Durchschneidung von Nerven Entzündungen, Geschwürsbildungen, Gangrän eintreten gesehen und diese Entzündungen mit dem Namen der neuroparalytischen Entzündungen belegt. Man hat ferner gewisse Hautausschläge genau dem Verbreitungsbezirke gewisser Nerven folgen gesehen und in einzelnen Fällen sogar die Erkrankung der Haut mit Verletzungen an bestimmten Nervenfasern in Zusammenhang bringen können. Alle diese Thatsachen haben dazu Veranlassung gegeben eine eigene Art von Nerven, die sogenannten trophischen Nerven anzunehmen.

Von den Thatsachen, die hier erwähnt worden sind, subtrahirt sich freilich zunächst eine Reihe. Von manchen Erscheinungen, welche man als sogenannte neuroparalytische Entzündungen betrachtet hat, hat es sich später herausgestellt, dass sie nicht herrühren von der Durchschneidung der Nerven als solcher, von der Durchschneidung trophischer Nerven, die zu den Theilen hingingen, sondern vielmehr davon, dass die Theile unempfindlich waren, dass von den betreffenden Stellen keine Reflexe mehr ausgelöst wurden, dass deshalb die Theile Insulten und Schädlichkeiten ausgesetzt waren, die sie früher nicht zu erleiden hatten, und dass diese Insulte, nicht etwa die Durchschneidung des Nervenstammes als solche, die directe Ursache der Entzündung waren. Aber selbst wenn man diese Thatsachen abzieht, so bleiben noch Erscheinungen übrig, welche allerdings Veranlassung zu der Annahme von trophischen Nerven geben können. Ich glaube jedoch, dass man sich bei der Annahme in diesem unbestimmten Sinne nicht beruhigen darf, dass man suchen muss näher zu erörtern, welche Wirkungen man etwa von diesen trophischen Nerven erwarten könne. Man muss bedenken, dass die Bewegungsnerven nicht blos zu den willkürlichen Muskeln gehen, sondern auch zu den unwillkürlichen, also auch zu den Muskeln der Blutgefässe, und dass deshalb Blutgefässe und Circulation nach der Durchschneidung der Nerven sich anders verhalten als früher. Wahrscheinlich von noch grösserer Bedeutung für unseren Gegenstand ist ein anderer Punkt. Wir haben gesehen, dass beim Chamäleon die Pigmentzellen in der Haut unter dem Einflusse von motorischen Nerven stehen, wir haben dasselbe bei den Fröschen beobachtet, Kühne gibt ferner an, dass Zellen in der Hornhaut, die man mit dem Namen der Hornhautkörperchen bezeichnet, in ganz analoger Weise von den Hornhautnerven in der Art erregt werden können, dass sie ihre Fortsätze einziehen. Man muss sich sagen, dass es wahrscheinlich nur an der besseren Gelegenheit zur Beobachtung liegt, dass diese Abhängigkeit von in den Geweben verbreiteten Zellen vom Nervensysteme nur bei Pigmentzellen und bei den Zellen der durch-

sichtigen Hornhaut beobachtet worden ist. Man darf voraussetzen, dass es im Körper noch eine grosse Menge von anderen Zellen gibt, die ganz ähnlich unter dem Imperium des Nervensystems stehen, wie dies bei den Pigmentzellen der Frösche und Chamäleonen und vieler anderer Thiere der Fall ist. Wenn man aber denkt, dass diesen Zellen ihre Nervenfasern durchschnitten werden, so kann man erwarten, dass dadurch auch Veränderungen, Abweichungen von der Norm entstehen, welche wir mit dem Namen der trophischen Störungen bezeichnen, und welche man bisher ohne nähere Bezeichnung auf die Durchschneidung der sogenannten trophischen Nerven zurückgeführt hat. Wir sehen ferner, dass die Absonderungsnerven der Drüsen, wenn sie erregt werden, die chemischen Vorgänge im Organe und den Zufluss von Flüssigkeit wesentlich verändern. Es ist also keineswegs unmöglich, dass auch zu anderen Organen Nerven gehen, welche einen wesentlichen Einfluss auf die chemischen Vorgänge und hiermit auch auf die Ernährung ausüben. Einen indirecten Einfluss auf die Ernährung der Muskeln üben schon ihre Bewegungsnerven dadurch aus, dass sie sie zur Contraction anregen, denn wir sehen sie mit der Zeit atrophiren, wenn der motorische Einfluss gehemmt ist. Aber auch Muskeln, die nie gelähmt waren, können in ihrer Entwickelung zurückbleiben, weil ihre Nerven irgend wie geschädigt wurden. Man sieht dies theils an der Abgrenzung der Muskelgruppe, die in ihrer Entwickelung zurückgeblieben ist, theils liegt auch die Schädlichkeit, die den Nervenstamm betroffen hat, offen zu Tage, indem Krämpfe vorhanden waren und Schmerzen an der peripherischen Ausbreitung der sensiblen Nerven, die in demselben Stamme verliefen. Wie die von den motorischen Nerven ausgelöste Muskelcontraction selbst in gewisser Beziehung ein chemischer Vorgang ist, so können mit den motorischen Nerven auch noch andere Nerven zu den Muskeln gehen, deren Erregung in ihnen wieder andere chemische Vorgänge bedingt. Um die Reihe der Arten von centrifugalleitenden Nerven vollständig zu machen, müssen wir, wenn wir nicht allein die Wirbelthiere im Auge behalten, sondern auch die wirbellosen berücksichtigen, noch die Leuchtnerven nennen, das heisst solche, die zu bestimmten Organen gehend, diese, wenn sie erregt werden, zur Lichtentwickelung anregen. Das, was ich bei Gelegenheit der Lichtentwickelung durch lebende Thiere nach den Beobachtungen von Panceri über Phyllorrhoe bucephala berichtet habe und Aehnliches, was an anderen Seethieren beobachtet wurde, lässt sich kaum in einem anderen Sinne deuten. Man ist darauf angewiesen, anzunehmen, dass hier durch Nerveneinfluss ein Process, der mit Lichtentwickelung verbunden ist, direct angeregt wird.

Auch die Nerven, welche Impulse von der Peripherie zum Centrum bringen, können wir uns nicht blos als sensible Nerven denken. Wir müssen zunächst unter den sensiblen Nerven verschiedene Abtheilungen unterscheiden, je nach der Natur der Empfindungen, der Vorstellungen, welche durch sie hervorgerufen werden. Wir unterscheiden Nerven, welche die Gesichtsempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Gehörempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Geruchsempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Geschmacksempfindungen vermitteln, Nerven, welche die Tastempfindungen vermitteln und Nerven, von denen wir sagen, dass sie dem Gemeingefühle dienen. Wir sind nämlich mit dem Theilen noch nicht vollständig zu Ende gekommen bei den verschiedenen empfindenden Ner-

venfasern. Wir wissen noch nicht im Einzelnen, in wie weit die verschiedenen Empfindungen, die uns zugeführt werden, in verschiedenen Arten der Nervenfasern oder in verschiedenen Erregungszuständen einer und derselben Art von Nervenfasern begründet sind. So wissen wir nicht mit Bestimmtheit, ob die Empfindung von warm und kalt, die Temperatursempfindung uns durch dieselben Nerven zugeführt wird, durch welche uns die Tastempfindung vermittelt wird, ob die Temperatursempfindungen nur andere Erregungszustände in den Tastnerven sind, oder ob uns nicht vielleicht die Temperatursempfindungen durch Nervenfasern anderer Art, die gleichfalls in der Haut endigen, erwachsen.

Abgesehen von den Nervenfasern, welche Empfindungen erregen, gibt es solche, welche von der Peripherie zum Centrum fortleiten, dort ihre Erregungen auf andere Nervenelemente übertragen und einen neuen Act, wir wollen sagen zunächst eine Bewegung veranlassen. Eine solche Bewegung, die entsteht, wenn eine Erregung von der Peripherie zum Centrum fortgeleitet wird und hier auf eine Ganglienkugel oder auf Ganglienkugeln übertragen wird, welche mit motorischen Nerven in Verbindung stehen, nennen wir eine Reflexbewegung. Unter Peripherie verstehen wir hier immer die äusseren oder inneren Oberflächen, beziehungsweise die Organe, in denen die Nerven endigen, unter Centrum das Rückenmark, die Medulla oblongata und den Hirnstamm, unter Umständen aber auch ein einzelnes Ganglion, in dem die Uebertragung der Erregung auf motorische Bahnen stattfindet. Die Leitung von den oberflächlichen Theilen des Gehirns, der Hirnrinde, zu den in der Tiefe liegenden und umgekehrt muss gesondert betrachtet werden, wenn man nicht die ganze Lehre von den Reflexbewegungen verwirren will. Wir betrachten die Reflexbewegungen im Gegensatze zu den willkürlichen. Auch diese sind ursprünglich durch centripetale Impulse bedingt; aber hier geht die Leitung durch Theile des Gehirns, die dem Bewusstsein, den Vorstellungen, dem Willen dienen. Der Begründer der Theorie der Reflexbewegungen ist Descartes, der ausdrücklich sagt, es würden Impulse von der Peripherie nach dem Centrum fortgeführt und in letzterem würden sie auf motorische Nerven reflectirt. Als der zweite muss Prohaska genannt werden. Später hat Marshal Hall diese Lehre in etwas anderer Weise aufgestellt und bedeutend erweitert. Die Uebertragung der Reflexe entsteht in der Regel im Rückenmarke oder im verlängerten Marke oder in solchen Theilen des Gehirns, welche wir als directe Fortsetzungen des Rückenmarkes und der Medulla oblongata ansehen können. Wir können aber nicht sagen, dass dies die einzigen Orte seien, an welchen Reflexe übertragen werden können. Wir werden Thatsachen kennen lernen, die dafür sprechen, dass auch in den Ganglien Reflexe übertragen werden können. Zur Uebertragung eines solchen scheint ja an und für sich nichts zu gehören als eine Nervenfaser, welche im Stande ist einen Impuls in centripetaler Richtung fortzuleiten, eine Ganglienkugel, mit der diese Nervenfaser in Verbindung steht, und eine zweite Faser, welche den motorischen Impuls fortpflanzt und die, entweder direct, oder indirect durch eine Ganglienkugel, mit dieser Ganglienkugel im Centralorgane verbunden ist. Eine solche Anordnung kann gerade so gut in einem Ganglion, wie im Rückenmarke und in der Medulla oblongata vorkommen.

Nerven, durch welche Reflexe ausgelöst werden, heissen Reflexnerven oder excitomotorische Nerven und ihre Thätigkeit ist für die Instandhaltung und für die ganzen Thätigkeitäusserungen des Organismus von der grössten Wichtigkeit. Es fällt zunächst auf, dass eine Reihe von Acten, welche den Organismus schützen, Schädlichkeiten von demselben abhalten, und aus demselben entfernen, auf reflectorischem Wege ausgelöst werden. Wenn man z. B. die Conjunctiva des Auges berührt, so schliessen sich auf reflectorischem Wege die Augenlider. Wenn Staub oder andere kleine fremde Körper in die Nase gelangen, so entsteht auf reflectorischem Wege Niesen, um diese Körper hinauszuschaffen. Wenn ein fremder Körper in die Trachea einzudringen sucht, so tritt zuerst Verschluss der Stimmritze ein, wodurch das Hineintreten des Körpers verhindert wird, und dann tritt in Gestalt des Hustens eine Reihe heftiger Exspirationsbewegungen ein, welche dazu dienen, den fremden Körper aus den Luftwegen hinauszuwerfen. Wenn wir noch weiter in die Thätigkeiten des Körpers eingehen, so stossen wir überall auf Reflexbewegungen. Wir sehen, dass das Schlingen, das Athmen, kurz viele der wichtigsten Thätigkeiten des Körpers mit Reflexbewegungen zusammenhängen oder auf dem Wege des Reflexes zu Stande kommen.

Es können aber in diesen excitomotorischen Nerven nicht nur Impulse fortgeleitet werden, welche Reflexbewegungen auslösen, sondern auch solche, welche Reflexabsonderungen hervorrufen. Ebensogut, wie die Erregung im Centralorgan auf einen motorischen Nerven übertragen wird, kann sie auch auf einen Absonderungsnerven und auf einen electrischen Nerven übertragen werden. Wir unterscheiden deshalb Reflexabsonderungen und wir werden bei den electrischen Fischen sehen, dass die Thätigkeit ihrer electrischen Organe durch Anregung der Nerven auf reflectorischem Wege hervorgerufen werden kann. Ja, es kann die Erregung im Centrum auch übertragen werden auf einen Hemmungsapparat und dann haben wir diejenige Erscheinung, die wir mit dem Namen der Reflexhemmung bezeichnen. Ferner können bei Thieren mit electrischen Organen electrische Wirkungen reflectorisch ausgelöst werden und bei Leuchtthieren Lichtwirkungen.

Es fragt sich, sind die excitomotorischen Nerven und die sensiblen Nerven verschieden von einander oder sind es die gewöhnlichen sensiblen Nerven, in denen auch die Impulse fortgeleitet werden, welche Reflexbewegungen, Reflexabsonderungen und Reflexhemmungen auslösen. Wir kennen keine Thatsache, welche uns zwingt anzunehmen, dass in den gewöhnlichen sensiblen Bahnen nicht auch reflectorische Erregungen fortgepflanzt werden können: aber wir kennen umgekehrt eine Menge von Thatsachen, die uns zeigen, dass es centripetalleitende Bahnen gibt, in welchen Impulse fortgeleitet werden, die Reflexe erregen, ohne dass sie uns eine Empfindung verursachen. Man sieht leicht ein, dass dies nur in den centralen Verbindungen begründet ist, welche die centripetalleitenden Bahnen, von denen wir sprechen, eingehen. Sind die Verbindungen derart, dass die Erregungen in diejenigen Theile des Gehirns fortgepflanzt werden, die uns bewusste Empfindungen und Vorstellungen zubringen, so sagen wir, dass die Erregung dieser Nerven uns eine Empfindung verursache. Findet aber im Centralorgane die Uebertragung einfach auf eine centrifugale Bahn statt, ohne dass die Kette der Veränderungen durch solche Theile abläuft, in welchen für uns die Quelle bewusster Empfindungen

zu suchen ist, so wird eine Reflexbewegung oder Reflexabsonderung erzeugt, ohne dass uns daraus eine bewusste Empfindung erwächst.

Es können im Centralorgane nicht nur Erregungen übertragen werden von centripetalen auf centrifugale Bahnen, sondern es können auch Erregungen übertragen werden auf andere Nervenelemente, welche mit anderen centripetalen Bahnen in Verbindung stehen. Da aber diese Erregungen ganz ähnliche Folgen haben, als wenn die centripetalen Bahnen, mit denen diese Elemente in Verbindung stehen, erregt worden wären, so entsteht dadurch eine Empfindung, die anscheinend ihre Ursache an dem peripherischen Ende eben jener centripetalen Bahnen hat, und eine solche Empfindung bezeichnen wir mit dem Namen der Mitempfindung.

Im Ohre verzweigt sich ein kleiner Ast des Vagus, der Ramus auricularis nervi vagi. Von diesem gehen einige Fäden in den tiefsten Theil des äusseren Gehörgangs. Wenn man mit einem Federbart oder einem zusammengedrehten Papiere immer tiefer und tiefer in den äusseren Gehörgang hineinbohrt, so spürt man endlich, wenn man an eine bestimmte Stelle kommt, ein Kitzeln im Kehlkopfe. Dann ist die Erregung auf Elemente im Centralorgane übertragen worden, die mit dem Nervus laryngeus superior, dem Empfindungsnerven des Kehlkopfes, in Verbindung stehen, und daher fühlt man das Kitzeln im Kehlkopfe. Es dauert aber nicht lange, so tritt auch Husten ein. Dieser ist eine Reflexbewegung. In unserer Vorstellung ist es so, als ob wir husten müssten, weil wir Kitzeln im Kehlkopfe fühlen, weil der gewöhnliche Angriffspunkt für die Reflexbewegung des Hustens in der Kehlkopfschleimhaut ist: in der That ist aber die wahre Ursache der Reflexbewegung, die ausgelöst worden ist, hier die Erregung des Ramus auricularis nervi vagi. Diese hat uns eine Mitempfindung im Laryngeus superior verursacht und in zweiter Reihe, indem der Reiz auf Elemente übertragen worden, die mit motorischen Bahnen in Berührung stehen, Husten als Reflexbewegung ausgelöst.

Es können endlich weiter, wenn Erregungen auf motorische Centren übertragen sind, diese sich in denselben ausbreiten, und es können dadurch Bewegungen, die wir nicht die Absicht haben hervorzurufen, entstehen. Wenn wir z. B. die Hand auf den Tisch legen und einen Finger nach dem andern aufzuheben suchen, so finden wir, dass uns dies das erste Mal nicht ganz gut gelingt, dass wir den einen oder andern Finger, der nicht mitgehoben werden sollte, mitaufheben, bis einige Uebung uns nach und nach dazu bringt die Finger vollkommen isolirt zu bewegen. Dies ist eine Erfahrung, die bei allen Kindern gemacht wird, die Klavierspielen lernen, indem sie Schwierigkeiten haben die Bewegungen der Finger zu isoliren, es aber später ganz gut lernen. Dergleichen Bewegungen, deren Ursachen unwillkürlich von einem motorischen Centrum auf das andere übertragen worden sind, bezeichnet man mit dem Namen der Mitbewegungen.

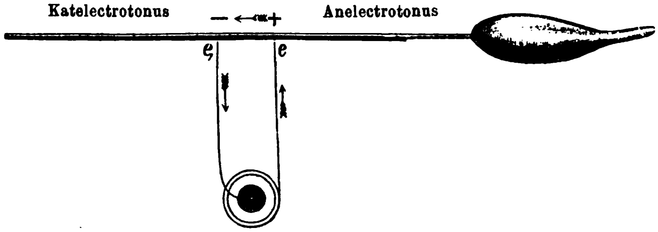
Motorische Nerven.

An den motorischen Nerven hat man mit besonderer Sorgfalt und mit dem Aufwande von sehr viel Arbeitskraft die Erregungen durch den electrischen Strom untersucht. Bei den älteren Versuchen waren, je nachdem man stärkere oder schwächere Ströme anwandte, je nachdem man sie eine kürzere oder längere Zeit hindurchleitete, die Resultate so verschie-

den, dass man sich gar nicht aus diesem Gewirre herausarbeiten konnte. Erst durch die grosse Arbeit von Pflüger über den Electrotonus ist in diesen Gegenstand eine grössere Klarheit hineingekommen. Früher pflegte man die Versuche so anzustellen, dass man die Electroden ohne weiteres an den Nerven selbst anlegte. Nun wissen wir aber, dass die Producte der Zersetzung, die durch den electrischen Strom hervorgebracht werden, sich am positiven und am negativen Pole ansammeln. Diese Producte der Zersetzung können in doppelter Weise bei dem Versuche nachtheilig wirken. Erstens insofern sie den Strömungsvorgang selbst verändern, denn sie bilden Kette in entgegengesetzter Richtung, und andererseits, indem sie an Ort und Stelle einen directen, einen chemischen Reiz auf die Nervensubstanz ausüben. Es war also ein wesentlicher Fortschritt, dass Pflüger zuerst die Nerven mit unpolarisirbaren Electroden untersuchte. Er untersuchte nicht allein die Erregung, welche durch den electrischen Strom, den man öffnet und schliesst, hervorgebracht wird, sondern seine wesentlichen Untersuchungen waren darauf gerichtet, die Veränderungen zu erforschen, welche in der Erregbarkeit des motorischen Nerven dadurch hervorgebracht werden, dass durch eine Strecke desselben ein electrischer Strom hindurchgeleitet wird, mit andern Worten, er untersuchte die Erregbarkeitsveränderungen im Electrotonus.

Denkt man sich den Gastroknemius eines Frosches, an dem der herauspräparirte Nerv hängt, und legt man an den Nerven eine Kette so an,

Fig. 5.



dass der Strom aufsteigend (siehe Figur 5) durch den Nerven hindurch geht, so sagt Pflüger von derjenigen Strecke, die jenseits der positiven Electrode liegt, die also stromaufwärts liegt, sie sei im Anelectrotonus, und von derjenigen Strecke, welche stromabwärts liegt, sagt er, sie sei im Katelectrotonus. Wenn er nun in dieser Weise einen Strom hindurchleitet, so findet er zunächst bei schwächeren Strömen, dass die Erregbarkeit erniedrigt ist im Gebiete des Anelectrotonus, und dass die Erregbarkeit erhöht ist im Gebiete des Katelectrotonus. Wenn er die Intensität der Ströme, mit denen er reizt, mit denen er die Erregbarkeit der verschiedenen Nervenstrecken prüft, immer herabmindert, so findet er, dass er an der negativen Electrode mit einer Stromstärke noch Erregungen hervorbringen kann, die am normalen Nerven keine Erregungen hervorgebracht hätte, dass er dagegen in der Region des Anelectrotonus eine beträchtlich grössere Stromstärke braucht, um dieselbe Wirkung hervorzurufen. Wenn er die Intensität des Stromes, der unseren Nerven von e bis $e_{,}$ durchfliesst, immer mehr steigert, so findet er, dass die Erregbarkeit in

der Gegend des Katelectrotonus nicht fortwährend steigt, sondern nachdem sie ein Maximum erreicht hat, abnimmt und endlich unter die Norm herabsinkt. Das erklärt Pflüger so, dass zwar in der Gegend des Katelectrotonus an und für sich die Erregbarkeit nicht abnehme, dass aber die Beweglichkeit der Moleküle in der Strecke, welche sich im Anelectrotonus befindet, so herabgesetzt wird, dass schliesslich die Erregung, die an der Stelle, die sich im Katelectrotonus befindet, erzeugt wird, nicht mehr bis zum Muskel fortgeleitet wird. In der That sinkt in der Gegend des Anelectrotonus die Erregbarkeit immer tiefer und tiefer, und erstreckt sich nicht nur auf die Nervenstrecke bis zum Muskel hin, sondern auch auf die Verzweigungen des Nerven innerhalb des Muskels.

Wir haben auf diese Weise in dem aufsteigenden Strome ein werthvolles Mittel, um die Nervenfasern innerhalb des Muskels unempfindlich zu machen. Durch einen starken electrischen Strom, den wir aufsteigend durch den Nerven hindurch schicken, können wir nicht nur diesen, sondern auch alle Verzweigungen desselben innerhalb des Muskels unempfindlich machen. In der Zeit, als noch darüber gestritten wurde, ob die Muskeln eine selbstständige Erregbarkeit hätten, oder ob sie nur von ihren Nerven aus erregt werden könnten, hat Kühne dies benützt, um die selbstständige Erregbarkeit der Muskelsubstanz nachzuweisen. Der Versuch, den er machte, war folgender. Er bediente sich wieder des Sartorius des Frosches mit seinen nervenfreien Endstücken. Mit den Electroden eines Magnetelectromotors tastete er den ganze Muskel ab und fand, dass die Erregbarkeit für die Inductionsströme am grössten war an der Stelle, wo der Nerv in den Muskel eintrat, dass sie abnahm gegen das Ende des Muskels zu und am geringsten war in den nervenfreien Stücken. Wir haben schon früher gesehen, dass eben die Muskelsubstanz an sich gegen Inductionsströme viel unempfindlicher ist, als die Nerven, die sich in den Muskeln verzweigen. Nachdem er so die Erregbarkeit an allen Theilen des Muskels geprüft hatte, schickte er einen starken aufsteigenden Strom durch den Nerven des Sartorius und tastete wieder mit den Electroden seines Magnetelectromotors die ganze Strecke des Muskels ab. Er fand, dass sie jetzt überall nur dieselbe Erregbarkeit besitze, wie er sie vor dem Durchleiten des Stromes an den nervenfreien Enden beobachtet hatte. Er zog hieraus mit Recht den Schluss, dass die Muskeln im normalen Zustande zweierlei Erregbarkeit haben, eine von den Nerven aus und eine, bei der die Muskelsubstanz direct erregt werde, und dass nur die letztere Art der Erregbarkeit übrig geblieben, nachdem er einen aufsteigenden Strom durch den Nerven des Sartorius hindurchgeleitet hatte.

Fig. 6.

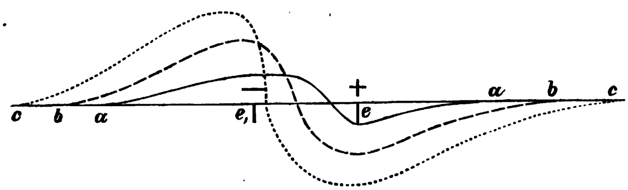


Wir senden nun den electrotonisirenden Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Nerven, so dass er, wie in Fig. 6 von e nach $e_{,}$, also

absteigend fliesst. Dann befindet sich die Strecke nach dem Muskel zu im Katelectrotonus und die Strecke weiter aufwärts am Nerven im Anelectrotonus. Wenn man nun die Strecke in der Nähe des Muskels untersucht, so findet man sie bei schwachen und stärkeren electrotonisirenden Strömen im Zustande der höheren Erregbarkeit. Untersucht man die andere Strecke, die im Anelectrotonus befindliche, so findet man sie durchweg im Zustande der erniedrigten Erregbarkeit. Hier hat man also die Erscheinungen des Katelectrotonus und Anelectrotonus im reinen Zustande vor sich, nämlich durchweg erhöhte Erregbarkeit, in der Strecke des Katelectrotonus und Verminderung derselben in der Strecke des Anelectrotonus.

Prüft man die intrapolare Strecke mittelst chemischer Reize, so verhält sie sich verschieden je nach der Stärke der electrischen Ströme, die hindurchgeschickt werden. Bei schwächeren Strömen befindet sich die ganze Region um die negative Electrode herum im Zustande der erhöhten Erregbarkeit, die Depression beginnt erst nahe an der positiven Electrode. In Fig. 7 bedeutet die horizontale Linie die electrotonisirte Nervenstrecke, e und e_1 sind die angelegten Electroden, und die Curven folgen der Erhöhung der Erregbarkeit über das Niveau des Normalen und der Depression unter dasselbe.

Fig. 7.



Die Linie *aa* ist die Curve, welche der Wirkung schwacher electrotonisirender Ströme entspricht. Bei Anwendung stärkerer Ströme tritt ein grösserer Theil der intrapolaren Strecke in die Phase der verminderten Erregbarkeit. Diesen Zustand zeigt in Fig. 7 die Linie *bb* an. Endlich, wenn man noch stärkere Ströme anwendet, so befindet sich fast die ganze intrapolare Strecke in der Phase der verminderten Erregbarkeit, und nur die Stelle an der negativen Electrode befindet sich in der erhöhten Erregbarkeit, wie dies die Curve *cc* in Fig. 7 versinnlicht.

Pflüger benützte seine Resultate um ein Gesetz der Zuckungen aufzustellen, um eine Formel dafür zu finden, unter welchen Umständen Zuckung entstehen muss, wenn man einen Strom aufsteigend oder absteigend durch den Nerven hindurchsendet. Er geht hiebei von der Idee aus, die er auch durch seine weiteren Resultate begründet hat, dass die Zuckung immer durch das Entstehen des Katelectrotonus und durch das Vergehen des Anelectrotonus entsteht, dass aber das Vergehen des Katelectrotonus und das Entstehen des Anelectrotonus keine Zuckung hervorruft. Mit andern Worten, da, wo plötzlich die Erregbarkeit erhöht wird, tritt Zuckung ein, wenn dieser Zustand wieder aufhört und zur Norm zurückkehrt, macht das keine Zuckung. Wenn eine Depression eintritt, so ist das an und für sich keine Ursache zu einer Zuckung, wenn aber dieser Zustand der Depression aufhört, wenn die Moleküle gegen ihre

normale Lage zurückfallen, so verursacht dies Zuckung. Die Thatsachen stellen sich nun folgendermassen. Wenn ich mit den kleinsten Stromstärken anfange, so bekomme ich anfangs überhaupt keine Zuckung, weil die Erregung erst ein gewisses Maass erreichen muss, ehe sie eine Zuckung auslösen kann. Ist diese Grenze einmal mit wachsender Stromstärke erreicht, so erhalte ich zunächst nur eine Schliessungszuckung, gleichviel ob ich den Strom aufsteigend oder absteigend hindurchleite. Dieses Anfangen mit sehr schwachen Strömen und dieses Graduiren der Ströme, wie es Pflüger bei seinen Untersuchungen durchgeführt hat, wurde ihm möglich durch eine Erfindung von du Bois, durch die Erfindung des Rheochords.

Wenn man die Leitung, welche von einer Kette ausgeht, in zwei Theile theilt, von denen der eine durch den Nerven und der andere durch einen andern Leiter geschlossen werden kann, so kann man den Stromantheil, der durch den Nerven hindurchgeht, beliebig klein machen, dadurch dass man mit einem guten Leiter schliesst. Man kann mit einem so guten Leiter schliessen, dass ein kaum merklicher Stromantheil durch den Nerven hindurchgeht. Je mehr Widerstände man aber in die Nebenschliessung einschaltet, um so grösser wird der Stromantheil, der durch den Nerven geht. Das Rheochord von du Bois beruht nun darauf, dass die Nebenschliessung zunächst in einer Reihe von massiven Metallstücken besteht, welche einerseits durch metallene Zapfen mit einander in Verbindung stehen, andererseits aber auch noch durch mehr oder weniger lange Schlingen von dünnem Draht miteinander verbunden sind. So lange die Zapfen stecken, geht der Strom durch diese hindurch und der Leitungswiderstand in der Nebenschliessung ist ein sehr geringer. Wenn ich aber einen Zapfen ausziehe und dadurch die Verbindung unterbreche, welche er zwischen zwei benachbarten Metallstücken herstellte, so zwinge ich nun den Strom, von dem einen derselben zum andern durch die Schlinge von dünnem Draht hindurchzugehen, welche einen viel grösseren Widerstand darbietet. So kann ich also, indem ich die Zapfen einen nach dem andern ausziehe, den Widerstand in der Nebenschliessung und damit den Stromantheil, der durch den Nerven geht, stufenweise vergrössern. Um die Stromstärke noch feiner und ganz allmälig abstufen zu können, sind die beiden Branchen der ersten Drahtschlinge durch eine verschiebbare metallische Brücke mit einander verbunden, so dass man also die Strecke, welche der Strom in ihr durchlaufen muss, ganz nach Gutdünken verändern kann.

Die ersten Ströme, die überhaupt Zuckungen erregen, rufen also wie gesagt, immer nur Schliessungszuckungen hervor, ob der Strom aufsteigend oder absteigend durch den Nerven hindurchgeschickt wird. Das heisst nichts anderes, als dass das Entstehen des Katelectrotonus geeigneter ist Zuckungen zu erregen, als das Vergehen des dazu gehörenden Anelectrotonus. Beim jedesmaligen Schliessen und Oeffnen des Stromes entsteht einmal ein Katelectrotonus und vergeht einmal ein Anelectrotonus. So lange aber die Ströme schwach sind, ist es nur das Entstehen des Katelectrotonus, welches eine Zuckung erzeugt. Dies ist die sogenannte erste Reizstufe. Nimmt man stärkere Ströme, so bekommt man von einer gewissen Grenze an sowohl beim Schliessen als beim Oeffnen des Stromes Zuckung, gleichviel ob man den Strom aufsteigend oder absteigend hindurchschickt.

Das ist die sogenannte zweite Reizstufe. Diese charakterisirt sich dadurch, dass jetzt auch das Vergehen des Anelectrotonus bereits ein hinreichender Reiz ist, um eine Muskelcontraction auszulösen. Die dritte Reizstufe charakterisirt sich dadurch, dass der Strom jetzt so stark ist, dass, wenn man denselben in aufsteigender Richtung schliesst, man gar keine Zuckung erhält, einfach deswegen, weil jetzt eine so starke Depression an der positiven Electrode eingetreten ist, dass die Erregung, welche das Entstehen des Katelectrotonus hervorbringt, nicht mehr bis zum Muskel fortgepflanzt wird. Oeffnet man aber, so erhält man eine Oeffnungszuckung, manchmal sogar, je nach der Stärke des Stromes und der Länge der Zeit, während welcher er geschlossen war, eine Reihe von Zuckungen, einen sogenannten Oeffnungstetanus, indem dann der Anelectrotonus eine gewisse Zeit braucht, um zur Norm abzufallen und dadurch eine Reihe von Erregungen hervorbringt, die eine Reihe von Zuckungen im Muskel bewirken. Was geschieht, wenn ich diesen starken Strom, der aufsteigend keine Zuckung gab, absteigend schliesse? Dann erhalte ich eine starke Schliessungszuckung und darauf tritt Ruhe ein, und wenn ich nun öffne, so erhalte ich sehr verschiedene Resultate, je nach der durchlaufenen Strecke und je nachdem der Strom kürzere oder längere Zeit geschlossen war. War er nur kurze Zeit geschlossen, so erhalte ich eine relativ unbedeutende Oeffnungszuckung. Man erklärt sich das daher, dass die Strecke, die sich im Katelectrotonus befand, weniger geeignet ist, die Erregung, die durch das Vergehen des Anelectrotonus erzeugt wird, bis zum Muskel fortzupflanzen. War dagegen der Strom einige Zeit geschlossen gewesen, und man öffnet dann, so erhält man eine viel stärkere Oeffnungszuckung, ja man kann dann eine Reihe von Oeffnungszuckungen, einen förmlichen Oeffnungstetanus, nach seinem Entdecker Ritter'scher Tetanus genannt, in ähnlicher Weise, wie früher, bekommen.

Diesen Oeffnungstetanus, der entsteht, nachdem der absteigende Strom geöffnet ist, hat Pflüger benützt, um die Richtigkeit seiner Annahme über die Ursache der Zuckungen zu erweisen. Er sagt nämlich: Wenn es richtig ist, dass das Vergehen des Anelectrotonus diesen Tetanus hervorbringt, dann muss er aufhören, wenn ich die Strecke, die sich im Anelectrotonus befindet, ausser Verbindung mit dem Muskel setze. Er durchschnitt deshalb beim Beginne des Oeffnungstetanus die intrapolare Strecke. Die Strecke des Katelectrotonus blieb dabei noch mit dem Muskel verbunden. Wenn also von dem Katelectrotonus die Zuckungen hergerührt hätten, so müsste der Muskel noch zucken; er hört aber auf zu zucken, zum Beweise, dass es der Anelectrotonus war, dessen Vergehen die Zuckungen hervorgebracht hatte. Dass dies in der That so ist, geht daraus hervor, dass diese Wirkung ausblieb, wenn er den Nerven so durchschnitt, dass ein Theil der Strecke, die sich im Anelectrotonus befand, mit dem Muskel noch im Zusammenhange blieb; dann hörte der Tetanus nicht auf.

Dieser Tetanus beim Oeffnen von constanten Strömen, die den Nerven längere Zeit durchflossen haben, zeigt, dass die Veränderung, die im Nerven hervorgebracht wird, nicht plötzlich aufhört, sondern dass er einige Zeit braucht, um zur Norm zurückzukehren. Dieser Oeffnungstetanus kann sofort aufgehoben werden, wenn ich den Strom wieder herstelle, weil dann die Ursache desselben aufgehoben ist, er wird aber

gesteigert, sobald ich einen Strom in entgegengesetzter Richtung durchsende, weil dieser Strom die Anordnung der Moleküle umzukehren sucht und so die Ursache vermehrt, die die Erregung hervorrief. Nun ist aber das Stadium, in dem der Muskel zuckt, nur ein Theil des Stadiums, in welchem der Rückgang in den früheren Zustand stattfindet. Wenn der Muskel aufhört zu zucken, so ist der Nerv noch nicht zu seiner Norm zurückgekehrt, sondern die Veränderungen, die in ihm vorgehen, sind nur nicht stark genug, um eine Zuckung im Muskel hervorzurufen. Dass er dann noch im veränderten Zustande ist, zeigt sich, wenn man ihn mit auf- und absteigenden Strömen untersucht. Leitet man einen Strom in derselben Richtung hindurch, in der der frühere circulirte, so zeigt sich der Nerv relativ unempfindlich, leitet man aber in entgegengesetzter Richtung von dem früheren einen Strom durch den Nerven, so zeigt er sich relativ empfindlich. Dies war eine wesentliche Quelle der paradoxen Erscheinungen, die man früher, ehe man diese Verhältnisse kannte, wahrgenommen und nicht zu erklären wusste.

Man muss den Satz Pflüger's, die Zuckung entstehe durch das Entstehen des Katelectrotonus und durch das Vergehen des Anelectrotonus, als die Auslegung eines schon früher von du Bois aufgestellten Gesetzes ansehen. Dieses sagt, dass nicht der ruhig fliessende Strom als solcher die Zuckung auslöst, sondern dass die Erregung beim Ansteigen und Abfallen des Stromes entsteht und dass die Erregung um so stärker ist, ceteris paribus, je schneller der Strom ansteigt oder abfällt. Es entsteht also eine Erregung beim Schliessen und Oeffnen des Stromes, es entsteht aber auch eine Erregung, wenn während des Durchfliessens des Stromes dieser plötzlich zunimmt oder plötzlich abnimmt. Kurz, es entsteht eine Erregung unter denselben Umständen, unter welchen in einen benachbarten geschlossenen Leiter ein Inductionsstrom inducirt worden wäre. Diese Erregung entsteht, wie wir durch Pflüger's Versuche gelernt haben, dadurch, dass entweder irgendwo ein Katelectrotonus entsteht oder sich steigert, oder ein Anelectrotonus vergeht oder doch plötzlich auf einen viel geringeren Grad abfällt. Daraus, dass es der electrische Strom nicht eigentlich als solcher ist, der unmittelbar die Muskelzusammenziehung hervorruft, sondern dass es der entstehende Katelectrotonus oder der vergehende Anelectrotonus ist, wird sich eine untere Grenze in Bezug auf die Stromdauer für das du Bois'sche Gesetz ergeben, d. h. wenn ein Strom eine allzu kurze Dauer hat, so wird er, wenn er auch plötzlich ansteigt und wieder abfällt, doch keine Zuckung hervorbringen, weil die Zeit für das Entstehen des Electrotonus nicht vorhanden ist. Man darf nicht sagen, weil die Zeit für die vollständige Entwickelung des Stromes nicht vorhanden, denn wir wissen, dass der Strom sich in Leitern von solchen Dimensionen, wie die sind, mit denen wir es zu thun haben, mit ganz ausserordentlicher Schnelligkeit entwickelt. Aber nicht mit gleicher Schnelligkeit entwickeln sich die Veränderungen, die der Strom im Nerven hervorruft und die wir mit dem Namen des Electrotonus bezeichnen. Diese Voraussetzung hat sich durch die Versuche von Fick vollständig bestätigt. Fick fand, dass, wenn man die Dauer eines Stromes, der noch stark genug ist, beim Schliessen und Oeffnen den Nerven zu reizen, immer mehr und mehr abkürzt, man endlich zu einer unteren Grenze gelangt, von der an der Stromstoss keine Zuckung mehr hervorbringt. Auf diese untere Grenze

kommt man um so früher, je schwächer der Strom schon an und für sich ist, und zwar aus einem begreiflichen Grunde. Je stärker der Strom ist, um so rascher wird ein gewisser Grad von Electrotonus erzielt werden, um so kürzer wird also auch die Zeit sein können, während welcher dieser Strom wirksam zu sein braucht, um einen solchen Grad von Electrotonus hervorzurufen, dass dadurch eine Zuckung ausgelöst wird. Es hat sich auch ebenso gezeigt, dass, wenn ein Strom sehr kurze Unterbrechungen erleidet, keine Zuckung eintritt, wenn die Unterbrechungen zu kurz sind. Bei der Unterbrechung soll die Zuckung durch das Abfallen und durch das Sichwiederherstellen des Electrotonus entstehen. Wenn aber die Zeit dafür, dass der Electrotonus wesentlich von seiner Höhe herabfallen kann, zu kurz ist, so kann weder das Herabfallen noch das Sichwiederherstellen desselben einen solchen Reiz bedingen, dass dadurch der Muskel in Zusammenziehung versetzt wird. Auch hier zeigt sich wieder, dass je stärker der Strom ist, um so kürzer auch die Unterbrechungen sein können, die noch hinreichend sind, um einen Muskel in Zusammenziehung zu versetzen.

Wir müssen diese Thatsachen im Zusammenhang mit einer andern betrachten, mit der nämlich, dass, wie dies schon du Bois wusste und in seinem Gesetze aussprach, ein Muskel nicht in Zusammenziehung versetzt wird, wenn der Strom, den man durch seinen Nerven hindurchschickt, zu langsam ansteigt oder zu langsam abfällt. Der Strom muss mit einer gewissen Geschwindigkeit ansteigen oder abfallen, damit überhaupt eine Zuckung ausgelöst wird. Je steiler er ansteigt oder abfällt, um so kräftiger fällt die Zuckung aus. Wir haben gesehen, dass es nicht der Strom als solcher ist, welcher direct die Muskelzusammenziehung hervorbringt, sondern dass der Strom in den Nerven Veränderungen hervorruft, bei deren Entstehung die Erregungsursachen erzeugt werden, welche den Muskel in Contraction versetzen. Wenn diese Erregungsursachen beliebig lange fortbestehen, sich also fortwährend summiren könnten, so würden endlich, wenn ein Strom auch langsam ansteigt, soviel Erregungsursachen summirt werden, dass doch eine Muskelcontraction ausgelöst wird, vorausgesetzt, dass der Strom schliesslich zu einer hinreichenden Stärke ansteigt. Das ist aber nicht der Fall. Es zeigt sich, dass die Erregungsursachen, die hier erzeugt werden, wieder verschwinden, wenn sie nicht sofort zur Wirkung kommen, und unter dieser Annahme erklären sich alle weiteren Erscheinungen.

Steigt nämlich der Strom plötzlich an, so werden alle Erregungsursachen, die er bei seinem Ansteigen hervorbringt, in einer kürzeren Zeit erzeugt, können sich also vollständig summiren, und es entsteht eine Zuckung. Steigt er dagegen sehr langsam an, so verschwindet während seines weiteren Ansteigens ein Theil der Erregungsursachen. Es werden zwar neue erzeugt, dafür verschwinden aber immer andere, die schon früher erzeugt waren, so dass nie eine Summe erzielt wird, die hoch genug wäre, den Muskel in Zusammenziehung zu versetzen. Von diesem Standpunkte aus verstehen wir auch, warum ein Strom, wenn er immer schneller und schneller unterbrochen wird, schliesslich keinen Tetanus mehr erzeugt. Jeder einzelne Stromstoss ist zu kurz, um an und für sich eine Zusammenziehung hervorzubringen. Würden die Erregungsursachen permanent sein, so würden sie sich schliesslich aus einer Reihe von Stromstössen summiren, und es würde endlich doch eine Erregung zu Stande

kommen. Nun sind aber diese Erregungsursachen nicht permanent, sondern verschwinden nach einer verhältnissmässig kurzen Zeit, wenn sie nicht sofort zur Wirkung kommen, und es können sich deshalb, wenn ein Strom in sehr kurzen Zeiten hintereinander unterbrochen wird, die kleinen Stromstösse in ihren Wirkungen nicht so weit summiren, dass dadurch eine Reizsumme entstünde, die hoch genug wäre, um den Muskel in Contraction zu versetzen.

Durch diese Betrachtungen und durch Combination der Thatsachen, die wir bisher kennen gelernt haben, lässt sich auch ein Band herstellen zwischen den Erscheinungen, die wir auf Reizungen an den Muskeln der Frösche beobachtet und den merkwürdigen, anscheinend ganz abweichenden Erscheinungen, die Fick vor längerer Zeit am Schliessmuskel der Bivalven beobachtet hat. Er fand, dass der Schliessmuskel der Bivalven sich noch auf einen Strom zusammenzieht, der so langsam ansteigt, dass es nicht mehr möglich wäre, durch diesen Strom einen Froschmuskel in Contraction zu versetzen. Andererseits fand er, dass gegen einen mit einer gewissen Geschwindigkeit unterbrochenen Strom, der einen Froschmuskel noch in Tetanus versetzte, der Muskel der Bivalve sich ebenso verhielt, wie gegen einen constanten Strom, der geschlossen wird; dass nämlich der Schliessmuskel der Bivalve auf einen unterbrochenen Strom von gewisser Schlagfolge sich bis zu einer gewissen Grösse zusammenzog, dann stehen blieb und, wenn diese Schlagfolge unterbrochen wurde, wenn sie aufhörte, sich noch einmal zusammenzog, als ob ein constanter Strom geöffnet worden wäre. Alle diese Erscheinungen erklären sich aus der Langsamkeit, mit der die Veränderungen in dem Muschelpräparate erzeugt werden, und andererseits aus der Langsamkeit, mit der diese Veränderungen und somit auch die Erregungsursachen wieder vergehen. Ich habe diese Dinge in einer kleinen Abhandlung näher auseinandergesetzt, im 58. Bande zweiter Abtheilung der Sitzungsberichte unserer Akademie.

Ausser den electrischen Reizen kommen für die motorischen Nerven noch die mechanischen, thermischen und chemischen Reize in Betracht. Unter thermischen Reizen versteht man die Erregungszustände, die dadurch hervorgebracht werden, dass der Nerv plötzlich einer sehr hohen oder einer sehr niedrigen Temperatur ausgesetzt wird. Eckard hat Untersuchungen über die motorischen Nerven in Rücksicht auf thermische Reize angestellt und bei seinen Versuchen gefunden, dass durch Temperaturen unter -4^0 und über $+54^0$ Zuckungen erregt werden können, dass aber die Temperaturen zwischen -4^0 und $+54^0$ unwirksam sind.

Die chemischen Reize wurden früher in der experimentellen Nervenphysiologie mehr angewendet als jetzt. Die neuesten ausführlichen Untersuchungen über dieselben sind von Kühne angestellt worden. Es hat sich aber bis jetzt kein bestimmtes Gesetz herausgestellt, nach dem man im Vorhinein aus der chemischen Constitution einer Substanz bestimmen könnte, ob sie einen Reiz für die motorischen Nerven abgeben werde oder nicht. Es wirken als Reize im Allgemeinen die concentrirten Mineralsäuren. Bei den Alkalien wirken Kali und Natron als Reizmittel, dagegen zeigt sich Ammoniak, auf den Nerven applicirt, unwirksam, obschon es ihn örtlich sogleich tödtet. Chlornatrium und concentrirte Chlorcalciumlösung und salpetersaures Silberoxyd zeigen sich wirksam, während eine Reihe

von Salzen anderer schwerer Metalle sich als unwirksam erwiesen hat. Ausserdem haben sich Carbolsäure, Alcohol, concentrirtes Glycerin, Galle, gallensaures Natron, d. h. die Verbindungen von Natron mit den beiden Gallensäuren, der Glycochol- und Taurocholsäure, als wirksam bewährt.

Da nicht alle Substanzen, die den Nerven chemisch reizen, auch den Muskel reizen und umgekehrt Substanzen, die den Muskel chemisch reizen, sich unwirksam gegenüber den Nerven bewiesen haben; so hat Kühne seinerzeit diese Verschiedenheit benützt, um den Beweis für die eigene Erregbarkeit, für die Irritabilität der Muskelsubstanz herzustellen. Dazu diente ihm in erster Reihe das Ammoniak. Er stellte folgenden Versuch an. Er brachte auf einem Gestell einen kleinen Metallschirm mit einem Loche an, durch das er den Nerven eines Gastrocnemius hindurchzog. Diesen Nerven legte er auf eine kleine Schale und brachte ihn mit Ammoniak in Berührung, ohne dass die Dämpfe des Ammoniaks an den Muskel herankommen konnten, da der Muskel durch den Schirm geschützt war. Es zeigte sich, dass es nicht möglich war, vom Nerven aus eine Zusammenziehung des Muskels mittelst Ammoniak hervorzurufen. Wenn er dagegen eine offene Ammoniakflasche hinstellte und darüber den Muskel aufhing, so fing der Muskel zu zucken an und gerieth in immer lebhafter werdende Bewegungen in Folge der Erregung, welche das auf die Muskelsubstanz wirkende Ammoniak hervorbrachte.

Blicken wir noch einmal auf die Reize für die motorischen Nerven und ihre Wirkungen im Allgemeinen zurück, so müssen wir sagen, dass eine Veränderung, die entweder durch den electrischen Strom, oder durch mechanische, thermische, chemische Reize erzeugt wird, sich den Nerven entlang fortpflanzt, bis sie endlich zu den Nervenendplatten gelangt, und dass sie von diesen aus diejenigen Muskelfasern jedesmal in Zusammenziehung versetzt, deren contractiler Substanz die betreffende Nervenendplatte aufliegt. Es gilt hiebei, soweit nicht die electrischen Stromschwankungen in Betracht kommen, von denen wir früher gesprochen, durchweg das Gesetz der isolirten Leitung, d. h. es wird eine Erregung aus einer Nervenfaser niemals auf eine andere übertragen, sondern sie folgt immer den dichotomischen Verzweigungen dieser Nervenfaser und erzeugt deshalb auch nur Contractionen in denjenigen Muskelfasern, zu welchen diese Nervenfaser Endplatten gibt. Je grösser also die Menge der Nervenfasern ist, welche vom Centralorgane kommen, um so grösser ist das Vermögen der Isolation, um so mehr können einzelne Muskelpartien in Zusammenziehung versetzt werden. Wo aber ein solcher höherer Grad von Isolation nicht nothwendig ist, da kann auch eine verhältnissmässig geringe Anzahl von Nervenfasern grössere Muskelpartien versorgen, indem die einzelnen Fasern sich dichotomisch verzweigen und endlich eine grosse Anzahl von Muskelfasern mit Endplatten versorgen. Wenn man die Muskelnerven eines Krebses und die eines Wirbelthieres mit einander vergleicht, so findet man einen sehr auffallenden Unterschied. Bei den Wirbelthieren verlaufen die Muskelnerven einfach und ungetheilt im Stamme und erst wenn sie in den Muskel eingetreten sind, verzweigen sie sich dichotomisch und bilden dann ihre Endplatten. Es wird in den Stämmen zu den einzelnen Muskeln eine verhältnissmässig grosse Anzahl von Nerven geschickt. Betrachtet man dagegen die motorischen Nerven eines Krebses, so findet man, dass sich die einzelnen Fasern förmlich baumartig verzweigen und dass, nachdem

sie eine grosse Menge von dichotomischen Theilungen eingegangen, sie zu den Muskelfasern hintreten und ihre Endplatten bilden. Das hängt offenbar mit der Verschiedenheit in dem Baue der Wirbelthiere einerseits und der Gliederthiere andererseits zusammen. Die Krebse mit ihrem äusseren Skelett und ihren vielen Charniergelenken können ohnehin keine so zahlreichen Bewegungen ausführen, brauchen ohnehin keinen solchen Grad von Isolation in der Zusammenziehung der einzelnen Partien ihrer Muskeln, als dies bei den Wirbelthieren der Fall ist, und können sich deshalb mit einer geringeren Anzahl von Nervenfasern für ihre Muskeln begnügen, wenn diese sich hinreichend verzweigen, um alle Muskelfasern mit Endplatten zu versorgen.

Electrische Organe und ihre Nerven.

Von Zitterfischen kennt man erstens den Zitteraal, Gymnotus, zweitens die verschiedenen Arten des Zitterwelses, Malapterurus, und drittens die Zitterrochen. Von den Zitterrochen kennt man eine Reihe von Genera, nämlich Narce, Narcine, Temera, Astrape, Discopyge, Torpedo. Ausserdem kommen beim Genus Gymnarchus und beim Genus Mormyrus Organe vor, welche für electrische Organe gehalten werden.

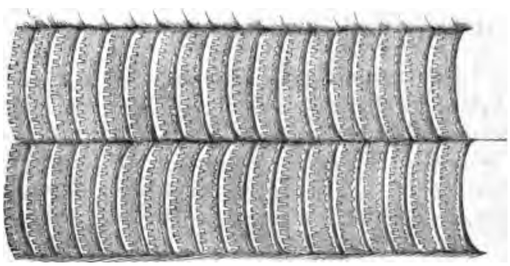
Die electrischen Organe sind im Zustande der Ruhe vollkommen wirkungslos, werden aber plötzlich durch Erregung der zu ihnen gehenden Nerven in kräftig wirkende electrische Batterien verwandelt. Die electrischen Ströme, die sie dann geben, unterscheiden sich in nichts von den Strömen, die man durch physikalische Hilfsmittel hervorruft. Man hat von diesen Strömen Funken erhalten, man hat mit ihnen chemische Zersetzungen vorgenommen, man hat die Magnetnadel abgelenkt, man hat Stahlnadeln magnetisirt, kurz alle möglichen Proben mit ihnen gemacht, um zu erweisen, dass sie wirklich eben solche Ströme sind, wie die, welche unsere physikalischen Vorrichtungen geben.

Die Art, wie die electrische Wirkung wachgerufen wird, bietet viel Analogie mit der Art und Weise, in der die motorischen Nerven die Muskelcontractionen auslösen. Erstens unterliegen sie dem Willen des Thieres. Das Thier gibt electrische Schläge nach Willkür und bedient sich derselben, theils um sich gegen seine Feinde zu schützen, theils um seine Beute zu betäuben. Zweitens werden die Ströme durch directe Reizung der zu den electrischen Organen gehenden Nerven ausgelöst. Drittens werden die Ströme auch auf reflectorischem Wege ausgelöst, und endlich zeigt sich das electrische Organ in derselben Weise ermüdbar, wie die Muskeln. Wenn das Thier eine Reihe von Schlägen abgegeben hat, werden dieselben schwächer und schwächer, gerade so, wie ein Muskel, nachdem er eine Reihe von Contractionen gemacht hat, nicht mehr im Stande ist, sich mit der früheren Kraft zusammenzuziehen.

Der mächtigste unter den Zitterfischen ist der Zitteraal, Gymnotus electricus, ein Süsswasserfisch Südamerikas, wo er namentlich in den Landseen von Surinam vorkommt. Schon Alexander von Humboldt beschrieb die Art und Weise, wie diese Thiere hier gefangen werden. Da man sie nicht ohne weiteres angreifen kann, wegen der gefährlichen electrischen Schläge, die sie ertheilen; so treibt man Pferde, die sich

dort im halbwilden Zustande befinden, in einen solchen See hinein, ehe man an den eigentlichen Fischfang geht. Diesen Pferden ertheilen die Zitteraale electrische Schläge, und mit solcher Kraft, dass häufig ein oder mehrere Pferde dabei zu Grunde gehen, indem sie betäubt werden und ertrinken. Endlich werden die Schläge der Fische immer schwächer und schwächer, und wenn man dies an der Haltung der Pferde merkt, lässt man die Pferde heraus und fängt die Thiere mit Netzen, wie andere harmlose Fische. Von den Zitteraalen sind mehrere Exemplare nach Europa gebracht worden, so nach Neapel, ferner auch nach London, wo sie in der dortigen Adelaidengallerie gezeigt wurden. Wenn man die Haut des Zitteraales auf der Seite öffnet, so findet man, dass jederseits den ganzen Körper entlang das electrische Organ gelagert ist, so dass es oben an die Muskeln der Wirbelsäule anstösst und unten durch die Muskeln, welche die lange, die Mittellinie des Bauchs entlang laufende Flosse bewegen, begrenzt wird. Wenn man das Organ näher betrachtet, so findet man an demselben eine Menge von Längsstreifen, die ebenso vielen Septis, ebenso vielen bindegewebigen Scheidewänden, entsprechen. Auf diesen senkrecht und noch dichter gestellt, findet man zartere Querwände, so dass also das Ganze in lauter Kästchen (siehe Figur 8*) getheilt ist. In jedem dieser Kästchen liegt eine gallertartige Platte, an die von rückwärts her ein Endast einer Nervenfaser herantritt und daselbst endigt, indem er in ein feines Netzwerk oder Gitterwerk übergeht. Diese Plättchen sind in der beistehenden Figur durch Punktirung kenntlich gemacht.

Fig. 8.



Wenn man die Wirkungen des Zitteraals untersucht, so findet man, dass der Strom in der Weise verläuft, dass er vom Kopfende zum Schwanzende des Thieres in dem umgebenden Leiter, im Wasser, geht. Das Kopfende wird also positiv, das Schwanzende negativ. Da das Thier einem Gebilde zu vergleichen ist, an welchem seitlich Reihen von Volta'schen Säulen angelegt sind, so wird auch die Seite des Elementes der Voltaschen Säule positiv sein, die dem Kopfende entspricht, und die Seite, die dem Schwanzende entspricht, wird negativ sein. Man hat beobachtet, dass der Zitteraal, wenn er einen Fisch erschlagen will, sich kreisförmig um denselben herumbeugt und nun eine Entladung durch ihn gehen lässt. Du Bois hat nachgewiesen, dass bei dieser Stellung des Fisches kein dichterer Strom durch sein Opfer hindurchgeht, als bei der zu den Enden des Organs symmetrischen ausserhalb des Kreises, und dass er also diese Stellung nicht annimmt, um seine Beute auf möglichst wirksame Weise zu treffen, sondern damit sie ihm nicht entrinne.

Der Zitterwels des Nils, Malapterurus electricus, wurde von Bilharz, der längere Zeit Professor der Anatomie und Physiologie in Cairo

*) *Fig.* 8, 9 und 10 nach Max Schultze.

war, anatomisch genau und gründlich untersucht. Auch bei diesem liegt das electrische Organ zu beiden Seiten des Körpers, als ein paariges Gebilde. Es ist aber hier mehr mantelförmig, so dass das Thier gewissermassen in dasselbe eingehüllt ist. Jederseits entspringt aus dem vordern an die Medulla oblongata grenzenden Theile des Rückenmarks eine colossale Nervenfaser als nackter Axencylinder von einer sehr grossen Ganglienkugel. Dieser Axencylinder tritt in eine Nervenscheide ein und geht als electrischer Nerv zu dem Organe hin, vertheilt sich in demselben dichotomisch und zwar so lange, bis er alle Elemente desselben mit Endigungen versorgt hat. Das electrische Organ besteht hier wiederum aus einer grossen Menge von bindegewebigen Kästchen, ganz ähnlich, wie wir dies beim Zitteraale kennen gelernt haben, nur liegen hier die Kästchen nicht wie beim Zitteraale in Längsreihen, sondern alternirend (siehe Figur 9). In jedem einzelnen dieser Kästchen liegt wiederum eine Gallertscheibe, die electrische Endplatte (sie ist in der Figur wieder durch Punktirung kenntlich gemacht), und zu dieser tritt jedesmal von hinten her der Endast einer Nervenfaser.

Fig. 9.

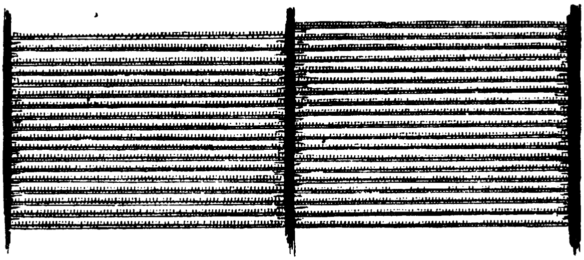


Da bei den übrigen bekannten Zitterfischen die Seite der Platte, auf der sich die Nervenendigung befindet, negativ wird, so könnte man meinen, dass auch hier das Kopfende des Thieres positiv und das Schwanzende negativ werde. Ranzi hat aber nachgewiesen, dass umgekehrt das Schwanzende positiv und das Kopfende negativ wird. Max Schultze erklärt diesen scheinbaren Widerspruch in folgender Weise: Wenn man die electrische Endplatte näher untersucht, so findet man, dass sie an ihrer vorderen Seite in der Mitte eine nabelförmige Hervorragung hat, und wenn man den Endast des Nerven verfolgt, so sieht man, dass dieser die Endplatte durchbohrt und nicht an ihrer hinteren Fläche, sondern vorn in dieser nabelförmigen Hervorragung endigt. Boll ist indessen in neuester Zeit dieser Auffassung entgegengetreten, indem er das, was Max Schultze als den durchbohrenden Nerven deutete, als einen stielartigen Fortsatz der Platte ansieht, in den der Nerv übergeht. Auch Zitterwelse sind nach Europa gekommen und ausführlich von du Bois untersucht worden, der mehrere Exemplare durch Goodsir erhielt und im Berliner Museum in einem Troge mit gewärmtem Wasser aufbewahrte, um alle ihre Gewohnheiten zu studiren.

Die dritte Art der electrischen Fische sind die Zitterrochen, von denen das Genus Torpedo in mehreren Species im Mittelmeere verbreitet ist und deshalb vielfach und frühzeitig untersucht wurde. Bei den Zitterrochen liegt das electrische Organ zwischen dem Kiemengerüst des Thieres einerseits und der Brustflosse andererseits und nimmt ein ausgedehntes Areal ein, das sich an der Bauchseite schon durch die Haut hindurch als eine Menge kleiner sechseckiger Felder auszeichnet. Diese ent-

sprechen ebenso vielen Säulen von electrischen Elementen, die von der Bauchseite des Thieres nach der Rückenseite hindurchgehen. Wenn man sich also den Rochen der Quere nach durchschnitten denkt, so liegt in der Mitte desselben der Körper, zu beiden Seiten die vorderen Extremitäten und der Raum zwischen beiden ist durch die Säulen des electrischen Organes erfüllt, deren sechseckige Basen man an der Bauchseite des Thieres sehen kann. Betrachtet man eine einzelne solche Säule, so findet man, dass sie der Quere nach durch lauter Septa getheilt ist, dass dadurch flache Kästchen (siehe Figur 10) entstehen, und in jedem dieser sich eine electrische Platte in Gestalt einer gallertigen Scheibe befindet, zu der von unten her der Endast einer Nervenfaser herantritt und sich nach mehrfachen dichotomischen Theilungen mit einem feinen Endnetze, oder richtiger Endgitter, hier verzweigt. Die untere Seite wird hier also negativ, die obere positiv. Der Strom geht somit im Wasser von der Rückenseite um das Thier herum zur Bauchseite. Da die Säulen, die der Axe des Thieres näher liegen, höher sind und mehr Platten enthalten als die entfernter liegenden, so werden an der Rückenseite die Partien in der Nähe des Rumpfes mehr positiv sein, als die Partien in der Nähe der Brustflosse, und an der Bauchseite werden die Partien in der Nähe des Rumpfes mehr negativ sein, als die in der Nähe der Flossen. An der Rückenseite des Thieres kann man also schwächere Ströme erhalten, welche von einem der Axe nähergelegenen zu einem dem Rande nähergelegenen Punkte verlaufen, und an der Bauchseite kann man Ströme erhalten von einem dem Rande nähergelegenen Theile des Organs zu einem Theile desselben, der der Axe des Körpers näher liegt.

Fig. 10.



Wenn es uns nun in Erstaunen setzen muss, dass durch die Impulse, die von einem Nerven ausgehen, ein anscheinend ganz harmloses Organ in eine kräftig wirkende electrische Batterie verwandelt werden kann, so ist dies im Grunde doch nicht wunderbarer, als dass durch ähnliche Impulse in einem Muskel eine solche Veränderung eintreten kann, dass er plötzlich einer ganz neuen Gleichgewichtsfigur zustrebt, und dass durch ähnliche Impulse in einer Drüse eine solche Veränderung eintreten kann, dass sie plötzlich aus der umgebenden Gewebsflüssigkeit und aus dem Blute eine grosse Menge von Flüssigkeit aufnimmt und ein Secret abzusondern anfängt, endlich dass durch solche Impulse eine Bewegung gehindert werden kann, welche sonst auf alle Fälle ausgelöst worden wäre. Das, was an diesen Erscheinungen durchaus nicht in den Kreis unserer Vorstellungen hineinpasst, ist, dass die Fische sich nicht selbst erschlagen. Denn da der electrische Strom bekanntermassen in allen Abschnitten des Stromkreises mit gleicher Gesammtstärke circulirt, so muss er auch mit dieser selben Gesammtstärke durch den Fisch, der ihn hervorbringt,

durchgehen. Es fragt sich also, warum werden die electrischen Fische von diesen Strömen nicht beschädigt? Die Antwort darauf hat du Bois an seinen Zitterwelsen gefunden. Sie lautet einfach: Die electrischen Fische sind gegen electrische Schläge in ganz ausserordentlicher Weise unempfindlich. Du Bois machte, um dies zu erweisen, folgenden einfachen Versuch, den er oft wiederholt hat. Er setzte in das Wasser, in dem seine Zitterwelse sich befanden, gewöhnliche Flussfische und ausserdem Frösche. Nun senkte er von beiden Seiten die Electroden eines kräftig wirkenden Inductionsapparates in das Wasser hinein und liess Schläge desselben hindurchgehen. Die Flussfische verfielen in Tetanus, wendeten sich um und gingen nach kurzer Zeit zu Grunde. Aehnlich verhielten sich auch die Frösche. Die Zitterwelse aber schwammen zwischen den Sterbenden ganz munter herum, und man merkte ihnen nichts anderes an, als dass sie sich, wenn sie in die Nähe der Electroden kamen, von denselben abwendeten, dass sie umkehrten, und sich ruhig weiter entfernten. Eine andere Frage, auf welche wir die Antwort nicht wissen, ist die: Wie ist es möglich, dass Thiere, die ganz nach dem Typus der anderen Wirbelthiere gebaut sind, deren Nerven, Gehirn und Rückenmark anscheinend aus denselben Formen und Materialien aufgebaut sind, wie die der übrigen Thiere, sich einer solchen Immunität gegen electrische Schläge erfreuen können?

Ich muss schliesslich noch anführen, dass mehrere Gelehrte, die sich in neuerer Zeit mit der mikroskopischen Untersuchung der elektrischen Organe und der motorischen Nervenendplatten beschäftigt haben, zu der Ansicht gelangt sind, dass eine sehr enge Analogie zwischen den Platten in den elektrischen Organen und den Kühne'schen Endplatten der motorischen Nerven an den Muskelfasern bestehe. Hiernach könnte man sich das electrische Organ als einen Muskel denken, aus dem alle Muskelfasern herausgezogen und die Endplatten alle zusammengelegt wären, und andererseits könnte man sich wieder den Muskel als ein contractiles Gebilde denken, auf dessen einzelnen Fasern electrische Endplatten vertheilt wären, so dass nun die Impulse, welche zu diesen electrischen Endplatten gelangen, sich auf die contractile Substanz übertragen und die Zusammenziehung derselben hervorrufen. Wenn man annimmt, dass die Reizung des Muskels vom Nerven aus immer eine electrische ist, und wenn man annimmt, dass die electrischen Wirkungen in den Endplatten nur bei Stromschwankungen entstehen, so würde dies erklären, weshalb der constante Strom auf den Muskel zwar direct, aber nicht vom Nerven aus wirkt. Es hat indessen diese von mehreren Seiten aufgestellte Hypothese die Experimentalkritik nicht ausgehalten, welche du Bois-Reymond an sie gelegt hat.

Centripetalleitende Nerven.

Gehen wir jetzt zu den centripetalleitenden Nerven über, so gilt für sie zunächst in derselben Weise, wie für die motorischen, das Gesetz der isolirten Leitung. Es können von einem Organe aus so viel getrennte Impulse zum Centrum geschickt werden, als Nervenfasern dahin verlaufen, indem eben ein Impuls im Verlaufe der Nervenfasern niemals von der einen auf die andere überspringt. Dieses Gesetz der isolirten Leitung ist offenbar für die centripetalleitenden Nerven ebenso wichtig, wie für die

centrifugalleitenden. Denn es handelt sich beim Auslösen einer Reflexbewegung darum, dass die Erregungen im Centralorgane auf bestimmte Gruppen von Ganglienkugeln übertragen werden. Um dasselbe handelt es sich bei den Reflexabsonderungen, bei den Reflexhemmungen. Ebenso klar ist es, dass unser ganzes räumliches Unterscheidungsvermögen, welches uns mittelst der empfindenden Nerven zukommt, nur auf dem Gesetze der isolirten Leitung beruht, dass nur vermöge dieses Gesetzes getrennte sogenannte Localzeichen zum Centralorgane gelangen können, vermöge welcher wir uns in der Aussenwelt zurechtfinden, vermöge welcher wir uns durch unsere Tastnerven orientiren, vermöge welcher wir Bilder erhalten, indem die verschiedenen Nervenfasern des Opticus uns verschiedene Localzeichen zum Gehirne schicken.

Wenn aber die Impulse einmal im Centralorgane angelangt sind, so erleidet hier das Gesetz der isolirten Leitung, wie wir schon im Vorübergehen gesehen haben, gewisse Einschränkungen, indem dann die Impulse auf motorische Nerven, auf Absonderungsnerven übertragen werden können, um Reflex zu erzeugen, und auch auf die sensiblen Elemente übertragen werden können, wodurch dann Mitempfindungen entstehen. Wir haben schon gesehen, dass die Ursachen dieser Mitempfindungen nicht im Centralorgane vorgestellt werden, sondern an den Enden von empfindenden Nerven, welche mit den erregten Gebilden im Centralorgane in Verbindung stehen. Die Mechanik davon ist ganz einfach. Das, was uns die Vorstellung verursacht, ist die Erregung im Centralorgane. Da nun diese Gruppe von Nervenzellen im Centralorgane gewöhnlich von den Enden gewisser peripherischer Nerven aus erregt wird; so ist es klar, dass jetzt, wo sie auf einem andern Wege erregt worden ist, ohne dass uns davon etwas näheres in das Bewusstsein einging, wir uns wiederum vorstellen, es finde eine Erregung an den peripherischen Enden eben jener Nerven statt. Damit hängt folgende Erscheinung eng zusammen. Wenn ein empfindender Nerv irgendwo in seinem Verlaufe gereizt wird, so kann er immer nur eine Empfindung im Centralorgane hervorbringen, welche die Vorstellung erweckt, dass sein peripherisches Ende gereizt worden wäre. Es geschieht ja weiter nichts, als dass eine Gruppe von Nervenzellen im Centralorgane erregt wird. Wie lang die Nervenstrecke ist, welche die Erregung bis dahin durchlaufen hat, davon wissen diese Nervenzellen nichts. Sie haben aber die Erfahrung gemacht, dass für gewöhnlich die Erregungen, die ihnen zukommen, ihre Ursachen an den peripherischen Enden der sensiblen Nerven haben, sie bringen also auch wiederum die Empfindung in Zusammenhang mit Vorstellungen von Erregungen an den Enden der sensiblen Nerven. Dieses Gesetz, welches sagt, dass wenn ein sensibler Nerv in seinem Verlaufe oder an seinem centralen Ende erregt wird, doch die Ursache der Empfindung und deren Ort an der peripherischen Ausbreitung desselben gesucht wird, nennt man das Gesetz der excentrischen Erscheinung.

Es kann sich dabei herausstellen, dass man anscheinend Empfindungen hat in Theilen, welche thatsächlich gar nicht mehr vorhanden sind. Johannes Müller pflegte von einem Invaliden zu erzählen, der ein Bein in dem Feldzuge von 1813 verloren hatte. Er prophezeite schlechtes Wetter nach Schmerzen, die er in den Theilen des Beines, die ihm abgenommen worden waren, fühlte. Die Sache erklärt sich einfach. Von den

Nerven des Stumpfes gingen Erregungen aus, die zum Centralorgane fortgepflanzt und nach dem Gesetze der excentrischen Erscheinung nach wie vor an die früheren, peripherischen Enden eben dieser durchschnittenen Nerven versetzt wurden. In derselben Weise erklären sich die Schmerzen, die frisch Amputirte sehr häufig eben in den Zehen, im Riste, im Fusse u. s. w. einer unteren Extremität fühlen, die ihnen vor kurzer Zeit abgesetzt worden ist. Aehnliche Beobachtungen sind auch bei Neubildungen von Nasen aus der Stirnhaut gemacht worden. Man hat gefunden, dass, wenn aus der Stirnhaut eine Nase frisch gebildet war, und ihre Empfindlichkeit geprüft wurde, während sie noch durch die Hautbrücke mit der Stirnhaut in Verbindung stand, sie sich empfindlich zeigte, aber so, dass der Ort der Reizung falsch angegeben wurde. Es wurde angegeben, es fände die Berührung an der Stirne statt. Dann, nachdem die Brücke durchschnitten war, zeigte sich die Nase einige Zeit unempfindlich. Aber später stellte sich nach und nach wieder Empfindlichkeit her, nun aber mit dem richtigen Ortsgefühle, offenbar indem von Nerven, welche früher zu der fehlenden Nase geführt hatten, sich wieder solche neu in die neue Nase hineingebildet hatten, und auf diese Weise sich die Empfindlichkeit am wahren Orte wiederherstellte.

Die sensiblen Nerven können ebenso wie die motorischen durch sehr verschiedene Reize in Action versetzt werden, durch electrische, thermische, chemische, mechanische. Es lässt sich aber die Wirkung jener Reize nicht unter ähnlichen allgemeinen Gesichtspunkten betrachten, wie wir dies bei den motorischen Nerven gethan haben, indem die verschiedenen empfindenden Nerven sich gegen chemische, thermische und electrische Reize ganz verschieden verhalten, und durch einen und denselben Reiz Empfindungen und Vorstellungen ganz verschiedener Kategorien von verschiedenen Nerven erzeugt werden. So werden durch chemische Reize ganz verschiedene Empfindungen in den Geschmacksnerven, in gewöhnlichen Gefühlsnerven und endlich wieder in Geruchsnerven hervorgerufen. Die Wirkung des Reizes, welchen die strahlende Wärme ausübt, ist eine andere, wenn diese Strahlen einerseits die Hautnerven, andererseits die Endigungen des Nervus opticus in der Retina treffen. Auch über die electrischen Reize kann man in Rücksicht auf centripetalleitende Nerven keineswegs so allgemeine Aussagen machen, wie wir dies bei den motorischen Nerven gethan haben. Es erzeugt zwar im Allgemeinen das Schliessen und Oeffnen einer constanten Kette stärkere Erregungen, als der ruhende Strom, aber der constante Strom bringt, während er durchfliesst, auch Erregungen hervor, welche dann aber wieder verschieden sind, je nach der Natur der sensiblen Nerven, welche er durchfliesst. Es ist dies das Gesetz der specifischen Energien, wie wir es mit Johannes Müller nennen, dass ein und derselbe Reiz ganz verschiedene Empfindungen hervorbringt, je nach der Natur des Nerven, welchen er trifft; einmal eine Gesichtsempfindung, ein zweites Mal eine Tastempfindung, das dritte Mal eine Gehörsempfindung u. s. w. und dass andererseits jede einzelne Art von empfindenden Nerven, wenn sie erregt wird, immer zu einer ganz bestimmten Kategorie von Empfindungen und Vorstellungen Veranlassung gibt, gleichviel welcher Art der Reiz war, durch den die Erregung hervorgerufen wurde. So repräsen-

tiren alle Erregungen des Opticus nur Gesichtsempfindungen, alle Erregungen des Acusticus nur Gehörsempfindungen, alle Erregungen des Olfactorius nur Geruchsempfindungen u. s. w.

Rückenmark und Gehirn.

Nachdem wir uns bis jetzt mit den peripherischen Bahnen der Nerven beschäftigt haben, wollen wir in unseren Betrachtungen zum Centralorgane übergehen. Das Centralorgan baut sich zunächst durch das Rückenmark und dessen oberstes Ende, durch welches es mit dem Gehirne in Verbindung steht, auf. Dies letztere Stück bezeichnen wir mit dem etwas seltsamen Namen des verlängerten Markes, der Medulla oblongata. Hier aber ist noch nicht das wahre Ende, indem sich ein Theil des Gehirns, wesentlich die Region, die den Aquaeductus Sylvii umgibt, durch die Analogie der darin vorkommenden Gebilde als directe Fortsetzung des Rückenmarks erweist. Dazu treten grosse neue Massen, welche zunächst aus den Hemisphären des grossen Gehirns und denen des kleinen Gehirns bestehen.

Fig. 11.



Als analoge Gebilde schliessen sich die Oliven der Medulla oblongata an. Ihr Bau erweist sie gleichfalls als Hemisphärenbildungen, die nur wegen ihrer Kleinheit nicht auf den ersten Anblick als solche erkannt werden.

Wenn wir das Rückenmark quer durchschneiden, so sehen wir, dass die Rinde desselben weiss gefärbt ist, dass sich aber in der Mitte eine Figur befindet, welche bald mehr an ein römisches X, bald mehr an ein Paar ausgebreitete Schmetterlingsflügel (siehe Figur 11*) erinnert, die sich grauröthlich und dunkel gegen die umgebende weisse Substanz absetzt. Diese beiden Substanzen finden wir bei Querschnitten durch das ganze

*) *Fig.* 11 nach Stilling.

Rückenmark immer, nur dass sich je nach der Höhe, in welcher wir durchschneiden, die Form dieser inneren grauen Substanz ändert. Die äussere Substanz besteht der Hauptmasse nach aus den markhaltigen Längsfasern des Rückenmarks, und sie ist weiss vermöge der Menge des Lichtes, das von dem Marke der Nervenscheiden reflectirt wird. Die graue Substanz besteht aus Nervenzellen, dann aus Fasern, die aber vorherrschend marklose sind, nackte Axencylinder, aus Blutgefässen, und endlich aus einem Gewebe, welches wir mit Kölliker mit dem Namen des Stützgewebes bezeichnet haben.

Da, wo sich die beiden symmetrischen Hälften des Rückenmarks aneinanderschliessen, befindet sich in der Mitte ein Canal, der vom Calamus scriptorius anfängt und durch das ganze Rückenmark hindurchgeht, mit Flimmerepithel ausgekleidet ist und den Namen Canalis centralis medullae spinalis (Fig. 11 *a*) führt. Vor und hinter dem Canale gehen zahlreiche Fasern von einer Hälfte des Rückenmarks zur andern hinüber. Die Fasern, die hinter dem Canal von einer Hälfte der grauen Substanz zur andern Hälfte derselben hinübergehen, sind wesentlich marklose, und man bezeichnet sie deshalb als die hintere oder graue Commissur des Rückenmarks (Fig. 11 *c*), während vorn, abgesehen von vielen marklosen, auch eine grosse Menge von markhaltigen Fasern von einer Seite zur andern geht. Man bezeichnet deshalb diese vordere Commissur (Fig. 11 *d*) auch als die weisse Commissur. Man sieht also, dass die beiden Hälften des Rückenmarks durch die vordere und die hintere Medianfurche nicht ganz von einander getrennt sind, sondern dass Fasern hinüber oder herüber gehen. Das ist aber nicht die einzige Faserverbindung, die zwischen den beiden Rückenmarkshälften existirt. Wenn man in der vorderen Medianfurche nach aufwärts geht, so kann man in dem Bindegewebe, welches die beiden Hälften der weissen Substanz von einander trennt, verhältnissmässig tief eindringen. Geht man aber immer höher hinauf und nähert man sich dem Calamus scriptorius, so kommt man, ehe man auf das Niveau desselben gelangt, an eine Stelle, wo man nur ganz oberflächlich in die vordere Medianfurche eindringen kann und diese Stelle beträgt etwa 6 bis 7 Millimeter. Wenn man diese Stelle näher untersucht, so findet man, dass hier dicke, mit freiem Auge sichtbare Stränge von dem einen vorderen Strang des Rückenmarks in den andern sich hineinflechten, dass sie an dieser Stelle, die man mit dem Namen der Decussation der Pyramiden bezeichnet, wie die Stränge einer Haarflechte übereinander liegen, und dann nach aussen und rückwärts absteigend, in den Seitenstrang des Rückenmarks übergehen. Hiermit hängt es einerseits zusammen, dass Lähmungen, [illegible]om Gehirn ausgehen, wie man sich ausdrückt, gekreuzt sind, d. h. [illegible]gelähmte Körperseite nicht der kranken, sondern der gesunden [illegible]tspricht, und andererseits, dass, wie von Woroschiloff in Ludw[illegible]rium durch zahlreiche Versuche experimentell dargethan i[illegible]stränge des Rückenmarks, die man schon seit langer Zeit als [illegible]nnte, die Hauptmasse der vom Gehirn kommenden [illegible]ach abwärts führen.

[illegible]esehen, dass das Rückenmark sowohl nach vorn als [illegible] eine starke Ausladung seiner grauen Substanz hat, [illegible] bezeichnen wir die beiden vorderen Ausladungen [illegible]er der grauen Substanz (Fig. 11 *A*) und die beiden

hinteren Ausladungen als die hinteren Hörner der grauen Substanz (Fig. 11 *B*). Nun ist es aber klar, dass diese Hörner nichts weiter sind als Querschnitte von hervorragenden Leisten, und dass man also die graue Substanz als aus je zwei Säulen bestehend ansehen kann, die jederseits an einander gedrückt worden sind, so dass sie noch mit ihren convexen Flächen hervorragen, und die dann wieder gegen die Mitte durch eine Brücke in Verbindung gesetzt sind. Deshalb bezeichnet man diese Theile des Rückenmarks als die vorderen grauen Colonnen, und als die hinteren grauen Colonnen und sagt, die motorischen Nerven (Fig. 11 *b*, *b*, *b*) entspringen aus den vorderen Colonnen, weil man in denselben auf Querschnitten zahlreiche Ganglienkugeln findet, aus welchen Nervenfasern entspringen, die man in die vorderen Wurzeln hinein verfolgen kann. Wir haben früher gesehen, dass man die Fortsätze der multipolaren Ganglienkugeln in Nervenfaserfortsätze eintheilt und in Protoplasmafortsätze. Letzteren Namen hatte Deiters für die verzweigten Fortsätze eingeführt, jedoch ohne deren nervöse Natur in Abrede zu stellen. Von jeder dieser Ganglienkugeln, die in den vorderen Hörnern liegen, sieht man einen Nervenfaserfortsatz gegen die vordere Wurzel hin abgehen. Diese Ganglienkugeln sind verhältnissmässig gross, haben zahlreiche Fortsätze, sind sehr unregelmässig von Gestalt, namentlich sehr entfernt von der Kugelgestalt. Manchmal sind sie sehr lang ausgezogen. Sie haben einen Kern und Kernkörperchen. Nach den Untersuchungen von Gerlach sind die Ganglienzellen, welche Fasern zu den vorderen Wurzeln geben, keineswegs auf die eigentlichen vorderen Hörner oder die vorderen grauen Colonnen beschränkt, sondern es liegen auch nach aussen und selbst etwas nach hinten vom Centralcanale ähnliche Ganglienzellen, die gleichfalls Fortsätze zu den vorderen Wurzeln senden. Dagegen kennt man nicht mit Sicherheit Fasern, welche vom Gehirne herabkommen und direct in die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven übergehen. Es scheint also, dass die Communication zwischen dem Gehirn und zwischen den vorderen Wurzeln, die Communication zwischen den Bahnen für die Willensimpulse und den von ihnen abhängigen motorischen Nerven immer mittelbar durch Ganglienzellen stattfinde.

Weniger gut als die Ursprünge der vorderen Wurzeln kennen wir die centralen Verbindungen der hinteren (Fig. 11 *k*, *k*, *k*, *k*). Mauthner konnte Fasern der hinteren Wurzeln im Rückenmarke des Hechtes zu Ganglienkugeln verfolgen, welche im oberen Theile des Rückenmarks zu beiden Seiten des Centralcanals lagen und sich in ihrem Aussehen wesentlich von denen unterschieden, aus welchen die motorischen Wurzeln ihren Ursprung nahmen. Diese Ganglienzellen hatten einen Kern, der den Eindruck eines kugelrunden Bläschens machte, der sich beim Imbibiren mit Karmin immer weniger färbte als das Protoplasma der Zelle, während bei den Ganglienzellen, aus welchen die motorischen Wurzeln ihren Ursprung nahmen, die Kerne den Eindruck einer compacten Masse machten, die sich stärker als das Protoplasma der Zelle färbte. In diesem bläschenartigen Gebilde lag ein Kernkörperchen, das sich mit Karmin wieder stärker färbte. Auch die Herde, aus denen sensible Hirnnerven hervorgehen, schienen dafür zu sprechen, dass dort dergleichen Verbindungen mit solchen Ganglienkugeln stattfinden.

In neuerer Zeit hat aber Gerlach andere, von den bisherigen ganz abweichende Ansichten über die centralen Verbindungen der sensiblen Nerven veröffentlicht. Wenn die sensiblen Nerven in das Rückenmark eingetreten sind, so durchsetzen sie grösstentheils, ohne sich darin zu vertheilen, die Substantia gelatinosa Rolandi (Fig. 11 *n*, *n*). Diese ist eine ihrer Structur nach eigenthümliche und ihrer physiologischen Bedeutung nach vollkommen räthselhafte Substanz, welche räumlich angesehen, einen Beleg auf den Convexitäten der hinteren grauen Colonnen bildet. Diese Substanz durchsetzt, wie gesagt, der grösste Theil der Wurzelfasern, ohne sich darin zu vertheilen und ein anderer Theil durchsetzt die weisse Substanz, die Substantia gelatinosa nach innen zu im Bogen umgreifend, und wenn die Wurzelfasern so in der grauen Substanz, im engeren Sinne des Wortes, angekommen sind, so zertheilen sie sich darin, nach Gerlach, sämmtlich so, dass sie zuletzt in ein feines Netzwerk von Fasern übergehen, welches die ganze graue Substanz durchzieht. An diesem Netzwerke von Fasern sollen sich auch die sogenannten Protoplasmafortsätze (siehe oben S. 45) der Ganglienzellen, die in der grauen Substanz liegen, betheiligen und endlich sollen aus diesem Fasernnetze Nervenfasern hervorgehen, die nach aufwärts gegen das Gehirn hin ziehen. Man sieht leicht ein, dass für Gerlach dieses Fasernetz die Summe aller centralen Verbindungen zwischen den sensiblen und den motorischen Nerven einerseits und zwischen dem Gehirne und den sensiblen Nerven andererseits enthält. Zu dieser Ansicht ist Gerlach zuerst durch Präparate gelangt, die er nach einer ihm eigenthümlichen Methode mit Goldchlorid behandelt hatte, und er fand sie später durch Zerzupfung von dünnen Schnitten bestätigt, die in chromsaurem Ammoniak gehärtet und dann mit carminsaurem Ammoniak gefärbt waren.

Wir haben gesehen, dass das Rückenmark eine vordere Medianfurche hat, den sogenannten Sulcus longitudinalis anterior, dem gegenüber nach rückwärts eine Linie liegt, der sogenannte Sulcus longitudinalis posterior. An den beiden so gebildeten Seitenhälften des Rückenmarks kann man noch jederseits eine Linie unterscheiden, auf der sich die vorderen Wurzeln sammeln und zu Tage treten, und diese nennt man den Sulcus collateralis anterior, und dann jederseits eine Linie, auf welcher die hinteren Wurzeln sich sammeln und zu Tage treten, und diese nennt man den Sulcus collateralis posterior. Wenn man sich nun einerseits das Rückenmark von der einen Medianfurche zur andern getrennt denkt, und denkt sich andererseits, man machte Durchschnitte jederseits vom Sulcus collateralis anterior zum Centralcanale und ferner vom Sulcus collateralis posterior zum Centralcanale, so würde man in jeder der Rückenmarkshälften wieder drei Abtheilungen erhalten. Diese hat man als Stränge des Rückenmarks bezeichnet und hat somit im Rückenmarke, zunächst in der weissen Substanz, sechs Stränge unterschieden, zwei Vorder-, zwei Hinter- und zwei Seitenstränge. Diese Stränge sind aber eine Fiction, indem sie keineswegs durch eine bestimmte Grenze von einander getrennt sind. Wenn alle Nervenwurzelfasern genau in einer Ebene übereinander das Rückenmark durchsetzen würden, so würde dadurch eine Scheidung zwischen Vorder-, Seiten- und Hintersträngen zu Stande kommen können. Das ist aber durchaus nicht der Fall, sondern die Wurzeln verlaufen in der Tiefe zerstreut, sammeln sich erst unter der Oberfläche und treten erst im Sulcus collateralis anterior und

Sulcus collateralis posterior in geradliniger Reihe heraus. Man hat also zwischen den centralen Bahnen der vorderen und hinteren Nervenwurzeln, Partien des Rückenmarks, die man nicht mit vollem Rechte zu den Vorder- oder Hintersträngen, aber auch nicht zu den Seitensträngen rechnen kann. Wenn man von Vorder-, Hinter- und Seitensträngen spricht, so hat man damit Regionen des Rückenmarks, aber durchaus nicht scharf begrenzte Abtheilungen desselben bezeichnet.

Wenn man das Rückenmark nach aufwärts verfolgt, so öffnet sich seine hintere Seite im Calamus scriptorius und dadurch entsteht der sogenannte Sinus rhomboidalis, der vierte Ventrikel. Diejenigen Partien, die im Rückenmarke hintere sind, werden in der Medulla oblongata äussere Partien, und diejenigen, die im Rückenmarke vordere sind, die Vorderstränge mit der zu ihnen gehörenden grauen Substanz, liegen in der Medulla oblongata zu beiden Seiten der Mittelebene, stellen also innere, der Axe näher gelegene Theile dar. Nachdem die Oliven und die Hemisphären des kleinen Gehirns gebildet sind, schliesst sich der Sinus rhomboidalis nach oben wieder, und es entsteht dadurch ein geschlossener Canal, die Fortsetzung des Canalis centralis medullae spinalis, der den Namen des Aquaeductus Sylvii führt. Um diesen herum befinden sich diejenigen Theile, die als directe Fortsetzung des Rückenmarks im Gehirne zu betrachten sind, und dazu treten dann die Theile des Grosshirns im engeren Sinne des Wortes.

Wir haben also gesehen, dass das Rückenmark keineswegs blos aus Strängen von Fasern besteht, die Impulse zum Gehirn oder vom Gehirn leiten und als Nerven von dem Stamme des Rückenmarks abgehen, wie die Aeste sich von einem Baume abzweigen, sondern dass das Rückenmark selbst ein wesentlicher Theil des Centralorgans ist und dass die graue Substanz mit ihren Nervenursprüngen und ihren centralen Verbindungen sich von oben nach abwärts im Rückenmarke erstreckt. Damit hängt es auch zusammen, dass nicht etwa das Rückenmark, indem es mehr und mehr Nerven abgibt, von oben nach abwärts immer dünner wird, sondern dass es da anschwillt, wo es starke und zahlreiche Nerven abzugeben hat, dass es sich dann wieder verdünnt, ein zweites Mal anschwillt, wenn es wieder grosse Nervenmassen abzugeben hat und sich dann schliesslich wieder verdünnt. Diese beiden Anschwellungen sind bekanntlich die Anschwellungen, aus denen die Nerven für die oberen und unteren Extremitäten hervorgehen. Bei denjenigen Thieren, bei welchen die Extremitäten verkümmert sind, z. B. bei den Schlangen und den fusslosen Eidechsen existiren auch diese Anschwellungen im Rückenmarke nicht.

Im ganzen Rückenmarke und in denjenigen Theilen des Gehirns, welche als Fortsetzung des Rückenmarks erscheinen, bis in's Mesencephalon hinauf, werden Reflexe übertragen. Die Hemisphären des grossen Gehirns sind hiebei ganz unnöthig. Ja, ein Theil der Reflexbewegungen, diejenigen, deren Reflexherde weiter nach unten liegen, können noch ausgelöst werden, wenn nicht nur das Gehirn, sondern auch die Medulla oblongata und selbst der oberste Theil des Rückenmarks entfernt wurde.

Wenn ich einen Frosch im Schultergürtel durchschneide, so gibt das untere Stück noch Reflexbewegungen, ja noch ziemlich complicirte. Ich tauche seine Zehenspitzen in schwefelsäurehaltiges Wasser und er

zieht sofort das Bein an sich mit ähnlicher Bewegung, wie es ein unversehrter Frosch thun würde. Ich kann noch weiter schneiden und damit noch andere tiefer gelegene Theile des Rückenmarkes entfernen, und noch immer hebt er die Pfote heraus. Bei einem weiteren Schnitte hört dies auf. Derselbe ist in den Reflexherd gefallen und hat denselben theils zerstört, theils von den Beinen getrennt. Es finden unregelmässige zitternde Zuckungen in den ganzen Beinen statt, aber sie werden nicht mehr aus der verdünnten Schwefelsäure herausgehoben.

Wenn man einem Frosche nur das Gehirn weggenommen hat, so löst er noch eine Reihe sehr complicirter Reflexbewegungen aus, die den Charakter der Zweckmässigkeit an sich tragen. Wenn ich einem solchen Frosche etwas Schwefelsäure auf das Bein tupfe, so zieht er nicht blos das Bein sofort zurück, sondern er wischt auch mit dem andern Beine die Schwefelsäure ab. Dergleichen Versuche lassen sich vielfältig variiren, wie dies namentlich Pflüger in sinnreicher Weise gethan hat. Wenn man z. B. den Schwanz einer enthaupteten Eidechse an eine Kerzenflamme heranbringt, so findet die Reizung auf der Seite der Kerzenflamme statt; man müsste also zunächst glauben, dass die Reflexbewegung auf derselben Seite ausgelöst würde, und somit die enthauptete Eidechse den Schwanz in die Flamme hinein bewegen würde. Dies geschieht aber nicht, sondern sie wendet stets mit grosser Geschicklichkeit den Schwanz aus der Flamme. Auf diese Weise hat Pflüger eine grosse Menge von Versuchen an Fröschen, Eidechsen und anderen Amphibien angestellt und immer gefunden, dass die Reflexbewegungen im hohen Grade den Charakter der Zweckmässigkeit an sich trugen, ja, dass sie den Charakter von etwas Praemeditirtem, von etwas wohl Ueberlegtem hatten, und er ist deshalb zu dem Schlusse gekommen, dass bei diesen niederen Wirbelthieren das Bewusstsein nicht nur im Gehirne, sondern auch im Rückenmarke seinen Sitz habe. Man pflegt diese Theorie wohl als die Lehre von der Rückenmarksseele zu bezeichnen.

Man muss indessen mit der Beurtheilung der Erscheinungen, wie wir sie hier vor uns haben, vorsichtig sein. Man muss sich zunächst sagen, dass Reflexbewegungen in denjenigen Bahnen leichter ablaufen, in welchen sie schon oft abgelaufen sind. Nun ist es sicher, dass ein Frosch, wenn er irgendwo von einem Reiz betroffen worden, immer gesucht hat, sich dieses Reizes aufs zweckmässigste zu erwehren, und dass er deshalb auf den Reiz hin Bewegungen gemacht hat, wie er sie jetzt, nachdem er enthauptet wurde, ausführt. Es ist sicher, dass, wenn ein schmerzhafter Reiz auf die eine Seite eines Eidechsenschwanzes eingewirkt, die Eidechse niemals den Schwanz gegen das schmerzerregende Agens hin, sondern immer weggewendet hat, dass also voraussichtlich diese selbe Bewegung schon öfter abgelaufen ist und deshalb nach dem Enthaupten leichter ablaufen wird, als die Bewegung in entgegengesetzter Richtung. Es ist aber noch weiter zu bedenken, ob nicht möglicherweise auch dergleichen, wenn ich mich so ausdrücken soll, ausgelaufene Bahnen von Reflexbewegungen sich von Individuum auf Individuum forterben können, ja, dass sie in dem Individuum als ein für alle Mal vorhanden, als prästabilirt angesehen werden können. Endlich muss man sich noch sagen, dass es ja ein blosser Anthroposophismus ist, bei zweckmässigen Handlungen und Bewegungen immer ein Bewusstsein vorauszusetzen.

Das thuen wir, weil unsere Handlungen sämmtlich bewusste Handlungen sind. Es ist aber durchaus nicht der Beweis geliefert, dass Zweckmässigkeit immer ein Bewusstsein voraussetze, und dass es keine zweckmässigen Handlungen geben könne, ohne dass dieselben zum Bewusstsein gelangen. Der eigentliche Beweis für das Vorhandensein eines Bewusstseins kann niemals durch die blos anscheinende oder wirkliche Zweckmässigkeit der Bewegungen, die ausgeführt werden, oder durch die Zweckmässigkeit der Veränderungen, die an einem Thiere vor sich gehen, geliefert werden. Den aus der Analogie geschöpften Vermuthungen stehen andere Thatsachen gegenüber, welche es nicht wohl zulassen, auch im Rückenmarke ein individuelles Bewusstsein anzunehmen.

Wir versetzen also das Bewusstsein und die Intelligenz ausschliesslich in das Gehirn, und in Rücksicht auf den Menschen und die höheren Wirbelthiere herrscht darüber unbedingte Einstimmigkeit. Es fragt sich nun, welches sind die Gründe, die wir dafür anführen können. Wir wissen zunächst, dass das Bewusstsein schwindet, wenn das Blut nicht in gehöriger Weise durchs Gehirn circulirt. Wir wissen, dass bei Ohnmächtigen, denen das Bewusstsein geschwunden, dieses oft in kürzester Zeit zurückkehrt, sobald der Kopf niedrig genug gelegt wird, damit das Blut mit grösserer Leichtigkeit durch dass Gehirn circuliren kann. Wir wissen ferner, dass Zerstörungen, Druck u. s. w., wenigstens wenn sie beide Hemisphären des grossen Gehirns betreffen, Verlust des Bewusstseins und also auch der Intelligenz nach sich ziehen. Wir finden endlich drittens, dass da, wo beide Hemisphären atrophirt sind, bedeutend unter ihrem normalen Maasse stehen, als unausbleibliche Folge sich Idiotismus einstellt, wie wir dies bei dem sporadischen und auch an gewissen Orten bei endemisch vorkommendem Idiotismus sehen. Wir können ferner mit Leichtigkeit bemerken, dass, wenn wir von den niederen Wirbelthieren zu den höheren und endlich zum Menschen aufsteigen, wir in dem Baue des Gehirns eine fortwährende Progression, eine weitere Entwickelung beobachten und zwar in der Weise, dass die Gehirne der Embryonen aller Wirbelthiere sich im hohen Grade ähnlich sehen, dass aber je höher das Thier in der Entwickelungsreihe steht, sich später das Gehirn um so weiter von dem embryonalen Zustande entfernt. Das Gehirn der Fische und nackten Amphibien ist dem embryonalen am meisten ähnlich, während das Gehirn des Menschen am meisten davon entfernt ist.

Es fragt sich weiter, wie sollen wir aus dieser progressiven Gehirnentwickelung einen Maassstab über den Grad der Intelligenz, über die Stufe, auf welche ein Thier zu stellen sei, entnehmen. Es ist klar, dass wir dabei nicht das absolute Gewicht des Gehirns als Maassstab nehmen dürfen. Wir können aber auch nicht das relative Gewicht des Gehirns im Vergleiche zum Körpergewichte nehmen: darnach müsste einzelnen höchst bevorzugten Thieren, ein niedriger Grad von Intelligenz zuerkannt werden. Besonders auffallend wäre dies in Rücksicht auf den Elephanten, bei dem ein sehr kleiner Bruch als relatives Gewicht des Gehirns zum Körpergewichte resultiren würde, während er doch unter allen Thieren, die wir kennen, bei weitem das intelligenteste ist. Er handelt in einer Weise selbstständig, wie kein anderes Thier. Man kann es ihm überlassen, ein Boot zu laden, wobei er alle Sachen so hineinlegt, dass nichts davon nass wird. Er ladet auch das Boot wieder selbst-

ständig ab. Der Elephant kann dazu benützt werden, ein Geschütz durchs Gebirge zu schaffen. Kommt er dabei an eine Stelle, wo er merkt, dass er in der gewöhnlichen Weise nicht weiter könne, zieht er sich von selbst aus dem Geschirre, bringt seine Stosszähne unter das Geschütz und schafft es wo möglich über den Widerstand hinweg.

Man hat ferner vorgeschlagen, nicht das Gewicht des Gehirns, sondern die Oberfläche der Hemisphären zu berücksichtigen, d. h. die Grösse der Oberfläche, die man erhalten würde, wenn man sich alle Gyri ausgeplättet denkt, die Oberfläche der entwickelten Hemisphären, wie man sich früher ausdrückte. Diese Anschauung hat in allerneuester Zeit, namentlich durch die Untersuchungen von Professor Meynert, einen theoretischen Hintergrund erhalten, indem Meynert's Untersuchungen es mehr als wahrscheinlich gemacht haben, dass die Fläche der grauen Gehirnrinde gewissermassen ein grosses Projectionsfeld ist, auf welches die Eindrücke hingebracht werden, dort in eine Menge Wechselbeziehungen treten und wieder auf centrifugalleitende Bahnen übergehen können, um Bewegungen auszulösen. Es ist dieser Vorgang ein wesentlich verschiedener von dem der Reflexbewegungen, welche wie wir gesehen haben, im Rückenmarke und in den Theilen des Gehirns, die eine Fortsetzung desselben darstellen, ausgelöst werden. Bei den Reflexbewegungen geht der centripetale Impuls zu einer Gruppe von Ganglienzellen und wird auf andere Ganglienzellen übertragen, von denen motorische Nerven entstehen. Das Ganze kann ablaufen, ohne dass davon etwas zum Bewusstsein gelangt, ohne dass dabei ein oder mehrere bewusste Zwischenglieder zwischen der centripetal fortgepflanzten Ursache und der centrifugal fortgeleiteten Wirkung entstehen. Anders verhält es sich aber bei den früher erwähnten Vorgängen in der grauen Gehirnrinde, indem immer eine oder mehrere bewusste Zwischenglieder entstehen, die einerseits die Ursache andererseits die Wirkung mit einander verbinden.

Im Einzelnen lässt sich aber doch dieses Messen der Hirnoberfläche, das blosse Messen des Areals ohne Berücksichtigung der Beschaffenheit der Hirnrinde, nicht durchführen. Es haben gewisse Thiere, namentlich die Wiederkäuer, die als dumm und ungelehrig bekannt sind, verhältnissmässig zahlreiche und tiefe Gyri, so dass sie durch ihre Hirnoberfläche, wenn man nach derselben die Intelligenz bemessen sollte, höher gestellt werden müssten, als es ihnen in der That zukommt,

Den besten Maassstab zur Beurtheilung der Intelligenz eines Thieres hat Johannes Müller angegeben. Er sagt nämlich, wenn man die Stellung eines Thieres beurtheilen will, so muss man die Hemisphären desselben mit dem Corpus quadrigeminum vergleichen. Beim Frosche liegen die Hemisphären des grossen Gehirns, die Corpora quadrigemina und die Medulla oblongata mit nur schwach angedeutetem kleinen Gehirne, hintereinander. Die Corpora quadrigemina sind dabei die massigsten Gebilde des ganzen Centralorgans. Vergleichen wir damit das Gehirn einer Schildkröte, Emys europaea, so finden wir die Hemisphären schon mehr entwickelt, ihre hintere Partie erstreckt sich schon zu beiden Seiten der Corpora quadrigemina, so dass diese zum Theil zwischen sie eingeschoben sind, auch das kleine Gehirn ist bereits mehr entwickelt. Beim Huhne reichen die Hemisphären des grossen Gehirns schon bis an das kleine Gehirn und bedecken theilweise das Corpus quadrigeminum. Beim

Hunde geschieht dies vollständig. Das Corpus quadrigeminum ist hier bereits ein verhältnissmässig kleines in der Tiefe verborgenes Gebilde. Aber die Hemisphären des grossen Gehirns und kleines Gehirn liegen hier noch hintereinander, so dass sie in der Scheitelansicht des Hirns beide gleichzeitig gesehen werden. Beim Menschen endlich haben die Hemisphären des grossen Gehirns auch das Kleinhirn vollständig überwachsen, so dass man in der Scheitelansicht nur sie und nichts mehr vom Kleinhirne sieht.

Mit diesen Verhältnissen hängen, wie Meynert gezeigt hat, gegewisse andere Eigenthümlichkeiten des Säugethiergehirns gegenüber dem Menschengehirne zusammen. Bekanntlich unterscheidet man an der Masse der Grosshirnschenkel eine obere Partie, welche in directer Verbindung mit den Sehhügeln und den Vierhügeln, dem Mesencephalon, steht, und die man mit dem Namen der Haube des Grosshirnschenkels bezeichnet und eine untere Partie von Fasern, welche darunter weggeht und sich in die Hemisphären des grossen Gehirns ausbreitet. Man bezeichnet sie mit dem Namen des Fusses der Grosshirnschenkel. Je grösser die Hemisphären im Vergleiche zu den Corpora quadrigemina sind, um so grösser muss auch die Masse des Fusses des Hirnschenkels gegenüber der Haube ausfallen, und daher kommen die verschiedenartigen Querschnitte, welche hier das Menschengehirn und das Gehirn von Säugethieren, namentlich niedrig stehenden, zeigt. Macht man durch ein Menschengehirn in der Höhe des Vierhügels einen Durchschnitt und

Fig. 12.

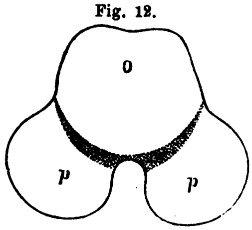


Fig. 13.

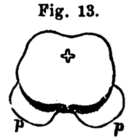


Fig. 14.

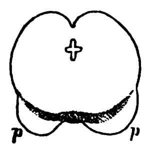
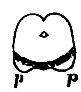


Fig. 15.



einen eben solchen bei einem Säugethiere, so findet man beim Vergleiche dieser Durchschnitte, dass beim Menschen die Masse des Fusses über die der Haube prävalirt, während beim Säugethiere das Umgekehrte stattfindet.

Figur 12 zeigt einen Durchschnitt durch die hinteren zwei Hügel vom erwachsenen Menschen nach Meynert, *pp* stellt darin die Masse des Fusses der Grosshirnschenkel dar, begrenzt nach oben durch die Substantia nigra. Figur 13 zeigt einen analogen Schnitt von Cercopithecus griseo-viridis. Figur 14 einen solchen vom Haushunde. Figur 15 einen solchen vom Meerschweinchen. An diesen, den Gehirnen von Thieren entnommenen Durchschnitten ist die Region, welche Meynert als Analogon der Substantia nigra des Menschen betrachtet, gleichfalls durch Punktirung kenntlich gemacht.

Wenn wir die Brücke betrachten, so sehen wir den Fuss des Hirnschenkels in dieselbe eingehen. Die Entwickelung der Brücke ist also auch wesentlich von der Entwickelung des Fusses des Gehirnschenkels abhängig. Je massenhafter der Fuss des Hirnschenkels ist, um so höher ist auch die Brücke. Die Pyramiden endlich sind eine Fort-

setzung der Fasern des Fusses des Hirnschenkels: sie sind also um so stärker, je grösser die Masse des Hirnschenkels, also auch je massenhafter die Hemisphären sind. Beim Menschen drängen sie deshalb die Oliven nach den Seiten hin, indem sich ihre Masse in der Mitte entwickelt. Bei den Säugethieren dagegen sind sie dünner, so dass die Oliven hinter den Pyramiden liegen, und da sie schmäler sind, so kommt jederseits von den darunter liegenden Querfasern noch eine Partie zum Vorschein, der man den Namen des Corpus trapezoides gegeben.

Es fragt sich nun weiter, welche Veränderungen bei Thieren eintreten, wenn man die Hemisphären des grossen Gehirns, im engeren Sinne des Wortes, abträgt? Niedere Wirbelthiere sind zu Beobachtungen hierüber wenig geeignet, da sich bei ihnen der Verlust des Gehirns zu wenig in äusseren Erscheinungen ausprägt. Ein enthirnter Frosch verhält sich, wie wir schon gesehen haben, Reizen und Eindrücken gegenüber, einem unversehrten sehr ähnlich. Erwachsene Säugethiere sind zu diesen Versuchen auch nicht geeignet, weil sie zu rasch zu Grunde gehen. Junge Säugethiere ertragen die Operation besser, aber sie überleben sie doch nur einige Stunden. Dagegen kann man die Hemisphären des Grosshirns junger Vögel, Hühner, Tauben, abtragen und sie dann noch unbestimmte Zeit am Leben erhalten.

Die erste auffallende Erscheinung, die man bei der Operation wahrnimmt, ist die, dass die Thiere zwar Schmerz äussern, so lange man in den weichen und harten Schädeldecken schneidet, dass sie aber beim Einstechen in das Gehirn, ja bei der schichtweisen Abtragung der grossen Hemisphären sich vollkommen ruhig verhalten. Wenn das Huhn sich von der Operation einigermassen erholt hat, so ist es doch, namentlich in der ersten Zeit, schlafsüchtiger als ein Huhn, welches im Besitze seiner Hemisphären ist. Es sitzt den grössten Theil des Tages ruhig da, den Kopf unter einen Flügel gesteckt. Wenn es aufgeschreckt wird, läuft es umher, aber sein Gang hat, namentlich in der ersten Zeit, etwas unbeholfenes und es weicht Hindernissen nicht in der Weise aus, wie ein normales Huhn. Steht ihm ein Hinderniss im Wege, so rennt es ganz nahe an dasselbe heran, macht eine plötzliche Wendung, um ihm auszuweichen. Anfangs muss den Thieren das Futter eingestopft werden, wenn sie am Leben erhalten werden sollen; später aber kann man sie dahin bringen, dass sie wieder selbst fressen, wenn sie dies auch nicht mit solcher Geschicklichkeit thun, wie andere Thiere. Man muss ihnen das Futter immer sehr reichlich hinwerfen, dann stossen sie dazwischen herum und bringen soviel in sich hinein, als zu ihrer Ernährung nothwendig ist.

Auffallend ist die Herabsetzung der moralischen Eigenschaften eines solchen Thieres. Es verliert seine Initiative. Während es keine Zeichen von Furcht gibt, mangelt ihm andererseits das, was wir Muth und Entschlossenheit nennen. Es mangelt ihm z. B. der Entschluss, auch von einer ganz mässigen Höhe herabzuflattern. Ein normales Huhn würde sich nicht wie ein Falke, auf der Hand herumtragen lassen, es würde sofort herabfliegen. Das operirte Huhn aber bleibt ruhig sitzen, und wenn man es reizt, kneipt, bewegt es sich hin und her, schlägt mit den Flügeln und kommt, nachdem es endlich heruntergeflattert, in unbeholfener Weise zu Boden.

Wie verhält es sich mit dem Bewusstsein und den Sinneswahrnehmungen eines solchen Thieres? Fragen wir zunächst, empfindet ein solches Thier Schmerz? Wenn man das Huhn kneipt, fängt es an zu flattern und sucht zu entfliehen. Man hat auch enthirnte Thiere zum schreien gebracht. Man hat daraus geschlossen, dass sie Schmerz empfinden. Man sieht aber leicht ein, dass dies durch die Erscheinungen nicht bewiesen wird. Denn diese können ebensogut als Reflexbewegungen ausgelöst worden sein, und zwar nicht nur das Schlagen mit den Flügeln, sondern auch das Schreien, ohne dass Schmerz zum Bewusstsein kömmt. Longet beruft sich auf die Kläglichkeit, mit der die Thiere schreien. Dies ist aber offenbar ein Missverständniss, denn die grössere oder geringere Kläglichkeit des Schreiens hängt nur von der Art und der Energie der Reflexbewegungen, die ausgelöst werden, ab. Wenn wir einen Menschen kläglich schreien hören, dann wissen wir allerdings, dass er bedeutende Schmerzen habe, denn ein Reiz, der im Stande ist, eine derartige Reflexbewegung auszulösen, wird ihm sicher auch einen heftigen Schmerz verursachen. Beim Thiere, das keine Hemisphären hat, kann sehr wohl dieselbe Reflexbewegung ausgelöst werden, während möglicher Weise von der Empfindung gar nichts zum Bewusstsein gelangt. Denselben Maassstab müssen wir bei der Beantwortung der Frage anlegen, ob das Thier sieht. Es ist sicher, dass die Pupille auf Lichtreize noch reagirt. Wir werden später sehen, dass dies ganz natürlich ist, weil der Reflexherd zwischen Opticus und Oculimotorius im Mesencephalon liegt, und wir dem Thiere nur die Hemisphären des Grosshirns genommen haben. Das Thier folgt nach Longet's Versuchen den Bewegungen einer brennenden Kerze, die man im Dunkeln vor seinen Augen bewegt, und hieraus hat man geschlossen, dass das Thier sehe. Nach der Ausdehnung aber, die wir an den Reflexacten kennen, können wir diese Bewegungen auch als einen blossen Reflexact ansehen. Wir wissen daraus keineswegs, ob das Thier eine wirkliche, bewusste Gesichtsempfindung habe.

Ebenso verhält es sich mit den Gehörsempfindungen. Das Thier schrickt bei einem plötzlichen Geräusche zusammen, dies ist aber wieder als ein blosser Reflexact zu erklären. Ich glaube ferner, an jungen Hühnern, die schon seit längerer Zeit operirt waren, und die ich wieder an freiwillige Nahrungseinnahme zu gewöhnen suchte, bisweilen bemerkt zu haben, dass das Thier leichter nach dem Futter zu stossen, leichter zu fressen begann, wenn ihm die Körner mit Geräusch vorgeworfen wurden, als dann, wenn man ihm das Futter leise hinschob. Man könnte das als Folge einer bewussten Gehörsempfindung ansehen. Man muss sich aber sagen, dass es auch hier nicht festgestellt ist, dass dem Thiere etwas von den Zwischengliedern, die hier zwischen der Gehörsempfindung und dem Aufpicken der Körner lagen, zum Bewusstsein kommt, sondern dass sich nur eine natürliche Kette von der Ursache zur Wirkung zwischen diesen beiden Erscheinungen hergestellt hat. Die Geruchsempfindung ist nach allen gut angestellten Versuchen vollständig verloren gegangen. Magendie fand freilich, dass die Thiere noch zurückwichen, wenn ihnen Essigsäure oder Aetzammoniak vorgehalten wurde. Diese wirken aber nicht blos auf den Olfactorius, sondern auch auf den Trigeminus, indem sie sehr heftige Gefühlsempfindungen und Reflexe

vom letzteren aus auslösen. Wenn also das Thier sich davon abwendete, so beweist dies nicht, dass ihm noch Empfindungen vom Olfactorius zukamen. Ueber Geschmacksempfindungen existiren keine Versuche, die ein sicheres Resultat ergeben haben. Auf die Bewegungen äussert die Abtragung der Hemisphären des Grossgehirns je nach der Art des Thieres einen verschiedenen Einfluss. Wir haben Frösche ohne Hemisphären des Grossgehirns sich ebenso bewegen gesehen, wie andere. Wir haben beim Huhne Aehnliches gesehen. Menschen dagegen werden oft in Folge verhältnissmässig unbedeutender Verletzungen einer Hemisphäre hemiplectisch und zwar stets so, dass die gelähmte Seite diejenige ist, auf welcher sich die gesunde Hemisphäre befindet. Es ist schwer allgemein zu sagen, die Zerstörung welcher Theile der Hemisphäre hemiplectisch macht, weil am Lebenden die Wirkung von Verwundungen und Degenerationen sich nicht auf denjenigen Punkt beschränkt, an welchem man nach dem Tode ihre Spuren findet. Nach Meynert macht Zerstörung des Linsenkerns immer und unter allen Umständen hemiplectisch, und wir werden später sehen, dass dies nicht nur in Meynert's aus anatomischen Thatsachen geschöpften Anschauungen und in seinen Leichenbefunden, sondern auch in den von Nothnagel an Thieren angestellten Versuchen seine Begründung findet.

Die Intelligenz, von der wir gesehen haben, dass sie herabgedrückt ist, wenn beide Hemisphären verkümmert sind, kann merkwürdigerweise erhalten sein, wenn auch eine Hemisphäre in hohem Grade verkümmert ist.

In einem Pariser Krankenhause befand sich, nach der Erzählung Longet's, eine Kranke, die dort lange Zeit verpflegt war und dem ganzen Personale als sehr intelligent bekannt war. Sie war unvollkommen gelähmt an der linken Seite und bei ihrem Tode fand man die rechte Hemisphäre nur halb so gross als die linke. In einem anderen Krankenhause starb Vaquerie, ein Mensch von gewöhnlicher Intelligenz, er war hemiplectisch von Geburt an gewesen. Die rechte Hemisphäre fehlte, wie es im Obductionsberichte heisst, und der Raum war mit Flüssigkeit ausgefüllt. Ein sehr merkwürdiger Fall ist in Dalmatien von Dr. Kratter beobachtet worden. Ein Morlack aus dem Narenta-Districte, Ivan Mussulin, erhielt in einem Raufhandel einen Schlag mit einem Steine auf das Scheitelbein. Er stürzte nieder, stand aber wieder auf und erholte sich so schnell, dass er nach zwei Stunden auf die Prätur ging und selbst seine Klage einbrachte. Er wurde verbunden und befand sich zwanzig Tage lang ziemlich wohl, so dass er seinen gewöhnlichen Hantierungen und auch dem Boccespiele nachging. Er war immer guter Laune und vollkommen bei sich. Am 21. Tage ging er noch mit hinaus zum Boccespiele, fühlte sich aber nicht wohl und wollte nicht mitspielen, äusserte indess noch seine Meinung über die Art und Weise, wie die Kugeln fielen. Er war also zu dieser Zeit noch im Besitze seiner Intelligenz. Beim Nachhausegehen stürzte er nieder mit dem Ausrufe: „Es ist mir übel“ und war in wenigen Minuten todt. Nach achtzehn Stunden wurde die Obduction von Dr. Kratter gemacht. Sie ergab, dass die Lamina vitrea des Scheitelbeines sternförmig zersplittert und die Splitter durch die Dura mater eingedrungen waren. Die ganze linke Hemisphäre war nach Dr. Kratter's mündlicher Mit-

theilung in eine eiterige mit Blutstreifen durchzogene Masse verwandelt, in der graue Flocken von Gehirnsubstanz schwammen.

Auch die Folgen und die Tödtlichkeit der Gehirnverletzungen werden meistens in hohem Grade überschätzt. Der alte Anatom Carpi zog einem Knaben einen Nagel aus der Stirn heraus, der drei Querfinger tief eingedrungen war. Nichtsdestoweniger behielt derselbe seine Intelligenz. Er wurde vollkommen geheilt und gelangte, wie erzählt wird, später noch zu hohen Würden. Ein anderer merkwürdiger Fall ist in neuerer Zeit von einem amerikanischen Arzte, Dr. Halsted, im medicinischen Journal von Boston beschrieben worden. Ein siebzehnjähriger, kräftiger Jüngling wurde durch einen Theil seiner Flinte, der absprang, an der Stirne getroffen. Derselbe durchbohrte das Stirnbein und drang $4\frac{1}{2}$ Zoll weit in die Gehirnhemisphäre vor. Nach der Verwundung verlor der junge Mann keineswegs das Bewusstsein. Er sank nur auf Hände und Knie nieder und hörte durch einige Zeit einen anhaltenden Ton. Nach wenigen Augenblicken hatte er sich bereits wieder so weit erholt, dass er im Stande war aufzustehen, das Eisen aus der Stirne zu ziehen und sich das Blut abzuwischen. Hierauf hielt er sein Gesicht längere Zeit in einen Teich und hatte endlich noch Kraft genug, sein Pferd zu besteigen und bis zu dem nächsten, eine englische Meile entfernten Hause zu reiten, wo er halb bewusstlos ankam. Die eingedrungenen Knochensplitter wurden extrahirt, die Wunde vernäht und nach $2\frac{1}{2}$ Monaten war der Kranke wieder völlig hergestellt.

Den allerauffälligsten Fall theilt Longet (nach Quesnay: Remarques sur les plaies de cerveau) mit. Einem jungen italienischen Lakaien von 15 bis 16 Jahren fiel ein Stein auf den Kopf, schlug ihm ein Scheitelbein ein, so dass beim ersten Verbande ein Theil der hervorgequollenen Gehirnsubstanz abgetragen werden musste, was sich später bei Erneuerung desselben noch wiederholte. Am 18. Tage fiel er aus dem Bette, und dabei trat wieder Gehirnsubstanz heraus, die abgetragen werden musste. Am 35. Tage betrank er sich, riss den Verband und mit der Hand die hervorgequollene Gehirnsubstanz weg. Der behandelnde Arzt bemerkt, dass der Theil, welcher in der Wunde vorlag, schon nahe am Corpus callosum sein musste. Dennoch kam der junge Mensch mit dem Leben davon. Er blieb hemiplectisch, behielt aber seine Intelligenz.

Ueberhaupt ist bei theilweiser Zerstörung einer Hemisphäre keineswegs die gewöhnlichste Folge Verlust der Intelligenz, sondern Hemiplegie und epileptische Anfälle. Epileptische Anfälle bringt Meynert mit Degenerationen im Ammonshorne in Zusammenhang.

Auch fremde Körper können im Gehirne einheilen und lange Zeit darin aufbewahrt werden. Th. Simon fand in der linken Grosshirnhemisphäre einer 79jährigen Frau eine stellenweise incrustirte Nadel, welche mit ihrer Spitze bis unter das Ependym des linken Seitenventrikels reichte. Er hält es für höchst wahrscheinlich, dass diese Nadel ihr in frühester Kindheit in den Schädel gestossen worden sei.

Früher hatte man vergebens gesucht, die Beziehungen der Hemisphären des grossen Gehirns zu den willkürlichen Bewegungen auf experimentellem Wege näher zu erforschen. Dies ist erst in neuerer Zeit Fritsch und Hitzig gelungen und zwar dadurch, dass sie an Hunden,

denen sie das Gehirn blosslegten, bestimmte Orte des vorderen Theiles desselben mit schwachen electrischen Strömen reizten. Sie setzten dabei die Electroden sehr nahe neben einander, in der Regel nur 2 bis 3 Millimeter von einander entfernt auf das Gehirn und bewirkten die Schliessung und Oeffnung mittelst des Schlüssels von du Bois, der in den Stromkreis eingeschaltet war.

Sie fanden dabei zunächst am meisten nach vorn ein Centrum für die Nackenmuskeln (△), d. h. wenn sie (siehe Figur 16) an dieser Stelle reizten, bekamen sie Bewegungen in den Nackenmuskeln. Eine zweite Stelle (+) fanden sie für die Dreher und Beuger des Vorderbeins. Eine dritte (+) für die Extensoren und Abductoren des Vorderbeins. Sie sehen also, dass hier für verschiedene Muskelgruppen des Vorderbeins in den Hemisphären des Grosshirns die Centren ganz nahe nebeneinander liegen. Ausserdem fanden sie ein Centrum (#) durch dessen Reizung sie Bewegungen des Hinterbeins auslösen konnten. Und endlich noch ein Centrum (o-o,), in welchem sie Bewegungen in den Muskeln, die vom Nervus facialis versorgt wurden, auslösen konnten. Sie haben ausführlich gezeigt, dass ihre Resultate nicht etwa von Stromschleifen herrühren, die in die Tiefe gegangen wären und direct Nervenursprünge gereizt hätten, das heisst Nervenursprünge im gewöhnlichen Sinne, Ursprünge aus Nervenzellen, die den grossen Nervenzellen der vorderen grauen Colonnen des Rückenmarks entsprechen. Es ist dies übrigens schon aus der Verschiedenheit der Erfolge ersichtlich, die sie durch Reizung der verschiedenen von ihnen bezeichneten Stellen erhielten. In neueren Untersuchungen hat Hitzig auch ein Centrum für die geraden Augenmuskeln gefunden, das mit dem Facialiscentrum zusammenfällt und zwar mit dem mehr medianwärts gelegenen Theile desselben, von dem aus die Muskeln der oberen Gesichtshälfte erregt werden.

Fig. 16.



Er fand ferner im Bereiche des Hinterlappens eine Stelle, deren Reizung Verengerung der Pupille der anderen Seite, deren Exstirpation Blindheit auf der anderen Seite hervorbrachte. Es ist lehrreich, diese Angabe mit der früherer Autoren zusammen zu halten, welche glaubten bemerkt zu haben, dass Thiere, denen die ganzen Hemisphären abgetragen sind, noch sehen. Ich habe indessen schon früher darauf hingewiesen, wie unsicher der Schluss war, durch den sie zu dieser Ansicht gelangten. Offenbar liefen vom Opticus aus noch die Erregungen ab, für die der Hirnstamm genügte, aber die, welche ihren Weg durch

die Hemisphären nehmen mussten, gingen verloren und mit ihnen die bewusste Vorstellung. Es fragt sich nun, was geschieht, wenn z. B. das Centrum für die Muskeln des Vorderbeines ausgeschnitten wird. — Dann tritt keine vollständige Lähmung des Vorderbeines der anderen Seite ein, sondern es wird noch bewegt und zwar beim Laufen ähnlich wie das andere, nur mit weniger Sicherheit; aber das Thier hat keine klare Vorstellung mehr von der Lage desselben. Wenn man das Vorderbein der nicht gelähmten Seite in irgend eine ungewöhnliche und unbequeme Lage bringt, so setzt der Hund das Bein in die gewöhnliche Lage. Wenn man dies dagegen mit dem anderen Vorderbeine that, so liess es der Hund darin, und erst bei einer zufälligen Bewegung wurde es später wieder in eine gewöhnliche Lage zurückgebracht. Ganz ähnliche Erfahrungen hat Nothnagel an Kaninchen gemacht, nachdem er die der Stelle (+ +) entsprechende Partie durch Injection von concentrirter Chromsäure zerstört hatte. Merkwürdig ist es, dass in seinen Versuchen die Störung nur wenige Tage dauerte, während sie bei Hitzig's Versuch noch nach 28 Tagen bestand. Die durch Chromsäure zerstörte Partie konnte nicht wieder functionsfähig geworden sein. Es musste sich also auf einem anderen Wege ein Rapport zwischen Empfindung und Bewegung hergestellt haben. Die Wechselwirkung zwischen beiden findet ja auch im normalen Zustande nicht stets auf dieselbe Weise statt. Wir stellen uns vor, dass die Bewegung unserer Glieder auf zweierlei Weise regulirt wird: erstens durch reflectorische Vorgänge, bei welchen von der Kette der Ursachen und Wirkungen, welche abläuft, nichts zum Bewusstsein kommt, und zweitens durch bestimmte willkürliche Impulse, bei welchen die Glieder absichtlich hierhin und dorthin bewegt werden, und das würden die Bewegungen sein, die hier ganz an der Oberfläche des Gehirns, in dem grossen Projectionsfelde, um mit Meynert zu reden, vermittelt und ausgelöst werden.

Es haben diese Versuche einigermassen einen Schlüssel zu einer anderen räthselhaften Erscheinung gegeben, die man vor längerer Zeit beobachtet hat, nämlich der Erscheinung der Aphasie. Man hatte beobachtet, dass manche Individuen nach plötzlichen Anfällen oder auch bei allmälig fortschreitenden Erkrankungen in einen Zustand kommen, bei dem sie zwar ihr Bewusstsein haben, bei welchem auch ihre Zunge nicht geradezu gelähmt ist, da sie sie noch bewegen, in dem sie aber doch nicht sprechen können. Wenn sie etwas sagen wollen, bringen sie es nicht heraus, gibt man ihnen aber ein Papier, so können sie es aufschreiben. Bouillaud und nach ihm andere Aerzte haben beobachtet, dass diese sogenannte Aphasie im Zusammenhange mit Störungen, namentlich mit linkseitigen, im Vordertheile des Grossgehirns vorkommt, und nach Meynert ist es ausser dem der Sylvi'schen Grube anliegenden Theile des Stirnhirns, die Insel und die Vormauer deren Degeneration Aphasie nach sich zieht. Wenn man das in derselben Weise betrachtet, wie diese Bewegungserscheinungen, so kann man sich sagen: Die Zunge des Menschen ist nicht gelähmt, er hat auch im Allgemeinen noch seinen Verstand, aber es fehlen ihm die Mittelglieder, zwischen seinen Vorstellungen und zwischen den Sprachbewegungen. Er kann die mit seinen Vorstellungen verknüpften Impulse nicht auf diejenigen Nervenbahnen übertragen, welche eben die Zunge in die entsprechenden Bewegungen versetzen können,

und darin ist dieser an und für sich so räthselhafte und seltsame Zustand der Aphasie begründet.

Man hat als einen wesentlichen Einwand gegen die Deutung der Hitzig'schen Reizversuche angeführt, dass man dieselben Bewegungen noch erhalte, wenn man das bezügliche Stück der Hirnrinde ausschneidet und den Grund der Wunde reizt. Ich sehe nicht ein, wie so? Man reizt dann die Fasern, welche in radialer Richtung von der Hirnrinde ausgehen. Man braucht nur anzunehmen, dass es hier wie bei den centrifugalleitenden peripheren Nerven für die Qualität des Erfolges gleichgiltig ist, ob man sie an ihrem Ursprunge oder in ihrem Verlaufe reizt.

Nothnagel hat an der Aussenseite der grossen Hemisphäre und ein wenig weiter nach vorn als das Centrum (+̇ +) beim Kaninchen eine Stelle gefunden, deren Zerstörung mittelst Chromsäure das Thier unvollkommen hemiplectisch macht. Die Hemiplegie zeigt sich, wie bei allen centralen Lähmungen an den Gliedern der unverletzten Seite. Hatte Nothnagel diese Stelle auf beiden Seiten zerstört, so sass das Thier regungslos da und liess seine Glieder widerstandslos in die verschiedensten Lagen bringen. Wenn es gekniffen wurde, wackelte es bei seinen Versuchen zu entfliehen haltungslos hin und her. Aehnliche Erscheinungen sah Nothnagel, nachdem er Chromsäureherde in der weissen Markmasse der Hemisphären, namentlich im hinteren Theile derselben, in der Nachbarschaft des Cornu ammonis angelegt hatte. Endlich hat Nothnagel nahe der hinteren Spitze der Hemisphäre und innerhalb derselben einen Punkt gefunden, dessen Verwundung überaus heftige Sprungbewegungen auslöst. Dieselben dauern einige Minuten und lassen dann nach. Sie sind offenbar Folge der Reizung, nicht Folge der Zerstörung eines Gebildes.

Ueber den Fornix und das Corpus callosum wissen wir nichts Sicheres. Letzteres ist von Lapeyronie für den Sitz der Seele erklärt worden. Es muss bemerkt werden, dass ausgedehnte Degenerationen im Corpus callosum gefunden worden sind, ohne dass während des Lebens überhaupt etwas wahrgenommen wurde, das auf diese Degenerationen hätte bezogen werden können. Eine ganze Abtheilung von Säugethieren, die Beutelthiere, haben bekanntlich gar kein solches Corpus callosum, wie es dem Menschen zukommt.

Gehen wir zu den sogenannten Grosshirnganglien über. Als solche bezeichnet man den Sehhügel und das Corpus striatum in der weiteren Bedeutung des Wortes. Letzteres zerfällt wieder in den Linsenkern und in das Corpus striatum im engeren Sinne des Wortes, den sogenannten Nucleus caudatus, den in den Ventrikel hineinragenden oberen und inneren Theil. Zwischen beiden liegt die sogenannte Capsula interna mit dem Fusse der Strahlenkrone Reil's, mächtigen Bündeln markhaltiger Fasern, welche von den Hirnschenkeln aus sich fächerförmig ausbreitend durch die Hemisphären gegen die Gehirnrinde hinziehen.

Wenn Nothnagel beide Linsenkerne mittelst Chromsäure zerstört hatte, so sassen die Thiere stundenlang absolut regungslos da, wenn sie in den Schwanz gekneipt wurden, machten sie einen Sprung, um dann eben so regungslos wie früher zu bleiben. Auch zum Fressen waren sie nicht zu bringen. Selbst wenn man ihnen eine Rübe zwischen die Zähne steckte, knapperten sie nicht daran. Es scheinen alle von

Meynert als psychomotorische bezeichneten Bahnen durch den Linsenkern zu gehen, das heisst alle Bahnen, die der Auslösung von willkürlichen Muskelbewegungen dienen. Dass ein Kaninchen noch aufrecht dasitzt, nachdem ihm beide Linsenkerne zerstört sind, und selbst fortspringt, wenn es gekneipt wird, während der Mensch bei einem Bluterguss in den Linsenkern hemiplectisch umfällt, ist nicht wunderbar, denn erstens muss der Mensch bei seiner aufrechten Stellung viel mehr im Vollbesitze seiner Herrschaft über die Muskeln sein, um sich stehend zu erhalten, als das auf den Bauch und vier Beine gestützte Kaninchen, und zweitens sind die Ortsbewegungen beim Menschen mehr unter der Controle des Willens, weniger bedingt durch blos reflectorische oder automatische Wirkungen, das heisst durch Wirkungen, deren Kette nicht durch die Hirnrinde, sondern nur durch den Hirnstamm, theilweise sogar nur durch das Rückenmark läuft. Truthähne und Strausse rennen, obgleich sie, wie der Mensch, nur zwei Stützpunkte haben, bekanntlich noch eine Strecke fort, nachdem sie geköpft worden sind, indem sich die Ursachen für die nöthigen Muskelcontractionen noch eine Reihe von Malen in ihrem Rückenmarke reproduciren.

Der automatische Charakter der Ortsbewegungen zeigte sich beim Kaninchen noch in auffallender Weise in einem anderen Versuche, den Nothnagel angestellt hat. Im vorderen Theile des Streifenhügels im engeren Sinne, im Nucleus caudatus, liegt ziemlich oberflächlich eine Stelle, deren Verwundung, wie schon Magendie sah, heftige Laufbewegungen zur Folge hat, und die Nothnagel deshalb als Nodus cursorius bezeichnet. Nothnagel verwundete diese Stelle an Kaninchen, denen er vorher beide Linsenkerne mittelst Chromsäure zerstört hatte, und sah noch dieselben Laufbewegungen eintreten.

Die vom Hirnstamme kommenden sensiblen Bahnen scheinen zumeist zwischen Linsenkern und Nucleus caudatus, in der sogenannten Capsula interna als Strahlenkrone Reil's zur Hirnrinde zu ziehen, wenigstens ist dies das Resultat zu dem Veissier durch seine Erfahrungen geführt worden ist. Es ist hier der Ort, daran zu erinnern, dass ich schon mehrmals darauf aufmerksam gemacht habe, wie man sich bei Versuchen über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein bewusster Empfindung nicht durch Reflexbewegungen täuschen lassen darf. Thiere, bei denen die erwähnten Bahnen durchschnitten sind und die auf Reize noch combinirte Bewegungen ausführen, sind deshalb noch keine Thiere, die empfinden.

Die Physiologie des Nucleus caudatus ist, abgesehen von dem bestimmten Erfolge, der auf Verletzung des Nodus cursorius eintritt, noch ziemlich dunkel. Nothnagel versuchte den Nucleus caudatus auf beiden Seiten mittelst der Nadel möglichst vollständig zu zerstören. Die auffallendste und constanteste Erscheinung war erhöhte Erregbarkeit gegen äussere Eindrücke, namentlich gegen Gesichts- und Gehörseindrücke und im Zusammenhange damit scheue Sprung- und Laufbewegungen.

Nicht weniger dunkel ist die Physiologie der Thalami optici. Die Effecte bei ihrer Verwundung fallen offenbar verschieden aus je nach der Verletzung der Sehhügelmasse im engeren Sinne des Wortes und je nach der Verletzung der den Sehhügel durchsetzenden Hirnschenkelbahnen. Oberflächliche Verwundungen bleiben oft ganz ohne sichtbaren

Erfolg. Bei tiefer greifenden Zerstörungen sind Ablenkung der Beine der gesunden Seite, namentlich des Vorderbeines, nach innen, grössere oder geringere Motilitätsstörungen auf der unverletzten Seite und anomale Stellung des Kopfes, auch der Wirbelsäule, beziehungsweise sogenannte Manègebewegungen nach der unverletzten Seite die am häufigsten beobachteten Erscheinungen. Wir werden von den letzteren noch bei der Verletzung der Grosshirnschenkel als solcher sprechen.

Das Mesencephalon mit seinen unter dem Namen der Corpora quadrigemina bekannten Hervorragungen ist für uns zunächst wichtig als Reflexcentrum für die Augenbewegungen und für die Veränderungen, welche die Pupille erleidet, einerseits indem der Sphincter pupillae reflectorisch vom Nervus opticus erregt wird, und andererseits indem sie mit den Augenmuskeln Mitbewegungen hat.

In Rücksicht auf die Bewegungen der Augen sind von Dr. E. Adamük aus Kasan im Laboratorium von Donders Versuche angestellt worden, deren Resultate ich hier mit dem Wortlaute des Verfassers mittheile: „Das Hauptergebniss dieser Versuche ist, dass beide Augen eine gemeinschaftliche motorische Innervation haben, welche von den vorderen Hügeln der Corpora quadrigemina ausgeht. Der rechte von diesen Hügeln regiert die Bewegungen der beiden Augen nach links und der linke die beider Augen nach rechts. Durch die Reizung der verschiedenen Punkte jedes Hügels kann man mannigfaltige Bewegungen hervorrufen, aber immer mit beiden Augen zu gleicher Zeit und in derselben Richtung. Wird länger gereizt, so dreht sich auch der Kopf nach derselben Seite wie die Augen. Wenn durch eine tiefe Incision die beiden Hügel getrennt sind, beschränkt sich die Bewegung nur auf die Seite der Reizung. Damit die Erscheinungen recht klar zu Tage treten, sollen die Augen vor der Reizung divergirend etwas nach unten stehen, wie sie sich im Ruhezustande leicht einzustellen pflegen. Dann stellen sich bei Reizung in der Mitte des vorderen Theiles der genannten Hügel, das ist bei der Commissura posterior, die Augen sogleich mit parallel gerichteten Axen ein. Wird die Reizung in der Mitte zwischen den vorderen Hügeln mehr nach hinten gemacht, so erfolgt Bewegung beider Augen nach oben, mit Erweiterung der Pupille. Diese Bewegung nach oben geht desto mehr in eine convergente über, je mehr nach hinten die Reizung stattfindet. Wenn wir den hinteren unteren Theil der vorderen Hügel reizen, so bekommen wir starke Convergenz mit Neigung nach unten. In noch stärkerem Grade bekommt man diese letzte Bewegung, wenn der Boden des Aquaeductus Sylvii gereizt wird (Anfang des Nervus oculomotorius). Jede Bewegung nach innen und unten ist mit Verengerung der Pupille verbunden. Die Reizung der freien Oberfläche eines jeden Hügels gibt die Bewegung beider Augen nach der entgegengesetzten Seite, und dabei, es möge links oder rechts gereizt sein, um so mehr nach oben, je mehr wir nach innen, nach unten dagegen, je mehr wir nach aussen und unten reizen. Bei allen diesen Bewegungen bleibt die Pupille unverändert. Die Innervation der Bewegungen nach unten mit der Medianebene parallelen Axen hat wahrscheinlich ihren Sitz an der Basis der Hügel. Eine solche Bewegung konnte ich aber nicht hervorrufen, was vielleicht der Zerstörung durch die Schnitte, welche zur Aufsuchung der Basis gemacht werden, zugeschrieben werden muss. Die gleichzeitige

Reizung der beiden vorderen Hügel rief Bewegungen der Augen hervor, wie sie bei Nystagmus beobachtet werden. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass beide Augen in Betreff der Bewegungen ein untheilbares Ganzes darstellen, so dass man Gelegenheit hat zu sehen, wie Hering's Ausdruck „Doppelauge" den Sachverhalt gut ausdrückt".

Schon vor viel längerer Zeit hat Flourens angegeben, dass einseitige Lähmung der Iris auftritt und auch einseitige Blindheit, und zwar wegen der Kreuzung der Sehnerven im Chiasma nervorum opticorum auf der anderen Seite, wenn das Corpus quadrigeminum auf der einen Seite zerstört wird, und diese Angabe ist auch von anderen späteren Beobachtern bestätigt worden. In neuester Zeit hat aber Knoll diesen Gegenstand wieder vorgenommen und ist zu etwas abweichenden Resultaten gekommen. Er fand, dass es nicht die eigentliche Substanz der Vierhügel im engeren Sinne des Wortes ist, deren Zerstörung diese Veränderung hervorbringt, sondern dass es nur die Verletzung des Tractus opticus ist. Man kann die Vierhügel zerstören, so weit man den Tractus opticus dabei nicht verletzt, tritt keine Lähmung der Iris und noch weniger Blindheit ein. Dagegen hat Knoll auf Reizung der Corpora quadrigemina Erweiterung der Pupille beider Seiten und am meisten der Pupille der Seite, an welcher gereizt wurde, beobachtet. Er leitet dies von Fortpflanzung der Reizung auf eine Region des Rückenmarks her, welche wir später kennen lernen werden als das Centrum derjenigen Nerven, die den Dilatator pupillae innerviren. Ich habe diese Erweiterung noch nicht mit Sicherheit gesehen, sondern nur die bereits von den älteren Physiologen beobachtete Verengerung.

Durchschneidung eines Grosshirnschenkels unmittelbar vor dem Pons lässt das Thier auf die andere Seite fallen, obgleich die Glieder dieser andern Seite noch Bewegungen machen können. Anschneiden des einen Hirnschenkels macht sogenannte Manègebewegungen, d. h. das Thier geht nicht gerade aus, sondern macht einen Bogen nach der gelähmten Seite hin, so dass die Convexität des Bogens an der Seite liegt, an der man den Hirnschenkel angeschnitten hat. Das ist davon abgeleitet worden, dass die Glieder der andern Seite dem Thiere nicht mehr in der gewöhnlichen Weise zu Gebote stehen, und dass es deshalb mit den Gliedern derselben hinter denen der Seite, an welcher die Verletzung stattgefunden hat, zurückbleibt, und somit ein Bogen entsteht, der gegen die Seite, an der man den Schnitt gemacht, convex und gegen die andere concav ist. Man kann aber nicht sagen, in wie weit hier nicht Wahnvorstellungen, gestörte Raumvorstellungen mitspielen.

Wir wollen hieran einige andere derartige Bewegungen anschliessen, welche man unter dem Namen der statischen Krämpfe kennt. Die Querfasern des Pons gehen bekanntlich in die Hemisphären des kleinen Gehirns über. Es sind dies die sogenannten Crura cerebelli ad pontem. Durchschneidet man an einer Seite in einiger Entfernung von der Mittellinie diese Querfasern des Pons, oder das Crus cerebelli ad pontem, so wird das Thier auf einer Seite mehr oder weniger vollständig gelähmt und rollt nach dieser Seite hin um seine Axe. Die Drehung erfolgt immer nach der gelähmten Seite, aber die gelähmte Seite ist, wenn man in den hinteren Theil des Pons oder des Crus cerebelli eingeschnitten hat,

die verwundete, wenn man dagegen in den vorderen Theil des Pons oder Crus cerebelli eingeschnitten hat, die entgegengesetzte. Auf oberflächliche Schnitte folgen statt den Rollbewegungen Manègebewegungen in demselben Sinne, indem das Thier dann noch im Stande ist, sich aufrecht zu erhalten und zu gehen.

Auch die Rollbewegungen hat man wie die Manègebewegungen lediglich aus der einseitigen Lähmung erklärt. Das Thier stürze um, stemme, um sich aufzurichten, die gesunden Glieder gegen den Boden, stosse sich dadurch aber, überschlage sich u. s. w. Es ist aber deshalb bedenklich, dergleichen Bewegungen nur aus völligen oder theilweisen Lähmungen zu erklären, weil man analoge Bewegungen an kranken Menschen kennt, bei denen von Lähmungen gar keine Spur vorhanden war, und bei welchen sich aufs deutlichste ein ganz anderer Grund dieser Zwangsbewegungen herausstellte und zwar eine unrichtige Vorstellung von der Relation ihres Körpers gegenüber den Aussendingen, so dass sie glaubten, sie müssten diese Bewegungen machen, um nicht hinzustürzen, Scheinbewegungen in ähnlicher Weise, wie sie beim Schwindel auftreten. Es kommt namentlich vor, dass ein Mensch bei Degeneration im Kleinhirn nach rückwärts läuft. Er ist dabei vollkommen bei Bewusstsein und gibt Rechenschaft, er müsse nach rückwärts laufen, weil er das Gefühl habe, er würde sonst nach rückwärts hinstürzen. Es kommt auch vor, dass solche Kranke in Folge ähnlicher Wahnvorstellungen nach vorwärts laufen. Sie müssen dies thun, weil sie das Gefühl haben, dass sie sonst vorüber fallen würden. Ich habe ferner einmal auf der Abtheilung des verstorbenen Professors Türk eine Kranke gesehen, die nach einem heftigen Schreck, den sie im Jahre 1848 erlitten, von statischen Krämpfen befallen wurde. Das Mädchen, das anscheinend ganz gesund im Bette lag, wälzte sich von Zeit zu Zeit mit dem Ausdrucke der Angst nach der einen Seite herüber: fragte man, warum sie das thue, so sagte sie, sie habe das Gefühl als ob das Bett aufgehoben und umgedreht würde, sie müsse sich also nach der andern Seite wälzen, um nicht aus dem Bette zu fallen.

Es ist also bei diesen Erscheinungen an den Menschen, die den Zwangsbewegungen bei den Thieren ganz analog sind, klar, dass diese sogenannten Zwangsbewegungen durch Wahnvorstellungen, durch unrichtige Vorstellungen über das Gleichgewicht und die Relation der Lage des Körpers zu den Aussendingen hervorgerufen werden. Es ist nun aber auch kaum einem Zweifel unterworfen, dass bei Thieren die Sache sich ganz ähnlich verhält. Man wird hiergegen vielleicht einwenden, dass ein Kaninchen, dem man beide Linsenkerne zerstört hat, noch läuft, wenn man ihm den Nodus cursorius verletzt, und dass wir es doch nach dem Früheren nicht wahrscheinlich finden können, dass ein solches Kaninchen noch von Wahnvorstellungen getrieben werde, da wie es scheint, die psychomotorischen Bahnen sämmtlich unterbrochen sind. Es handelt sich aber wesentlich um drei Dinge: erstens darum, dass beim Menschen erfahrungsmässig Wahnvorstellungen subjectiv als Ursache erscheinen von Bewegungen, welche man als statische Krämpfe bezeichnet hat, zweitens, dass es höchst wahrscheinlich ist, dass auch Thiere, wenn sie ähnliche Erscheinungen darbieten, von Wahnvorstellungen beherrscht werden, und endlich drittens, dass man da, wo wie im obigen

Beispiele, mit den Impulsen von der Hirnrinde her der Einfluss der Wahnvorstellungen mit Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden muss, man noch nicht berechtigt ist, sich ohne weiteres der Lähmungshypothese zuzuwenden. Es handelt sich allgemein genommen darum, dass eine Kette von Impulsen im Gehirn oder durchs Gehirn abläuft, und dass in ihr, nicht in der Lähmung, die oft gar nicht vorhanden ist, die wesentlichen Ursachen liegen für den anomalen Typus der Bewegungen. Es wird von dem Wege dieser Kette und von dem jeweiligen Zustande des Gehirns abhängen, ob Glieder derselben als Wahnvorstellungen zum Bewusstsein gelangen, die dann von solchen Individuen, welche Rechenschaft geben können, als Grund der Bewegungen anerkannt werden. Es gibt vielleicht Rollbewegungen, welche blos davon herrühren, dass die eine Seite gelähmt ist, und dass das Thier sich mit der anderen Seite aufrichten will. Aber alle Rollbewegungen kann man nicht so erklären, und auch alle Manègebewegungen lassen sich ausschliesslich aus dem unvollkommenen Gebrauche der einen Hälfte der Extremitäten erklären, denn man sieht manchmal aus der bleibend abnormen Stellung des Kopfes der Thiere und der Verdrehung der Augen, dass dieselben von Wahnvorstellungen beherrscht sind, in welchen sie die Lage ihres Körpers zu den Aussendingen nicht richtig beurtheilen.

In sehr interessanter Weise kann man solche Zustände bei Thieren verfolgen, denen man das Gehirn gar nicht verletzt, sondern blos einen oder den andern Bogengang des Gehörorgans.

Flourens machte vor einer langen Reihe von Jahren die Entdeckung, dass Tauben, denen ein Bogengang angeschnitten wird, anomale Stellungen annehmen und anomale Bewegungen ausführen. Ich will hier einen Auszug aus den Resultaten, die Flourens erhielt, mittheilen, wie ihn Professor Goltz in Pflüger's Archiv gegeben hat. Hier heisst es: „Wenn man bei einer Taube den am oberflächlichsten gelegenen horizontalen Bogengang durchschneidet, so macht das Thier unmittelbar darauf Bewegungen des Kopfes von rechts nach links und umgekehrt. Ueberlässt man hierauf das Thier sich selbst, so hören diese Bewegungen nach einiger Zeit auf. Sobald man aber denselben Bogengang auf der andern Seite auch durchtrennt, treten jene Bewegungen mit verstärkter Lebhaftigkeit auf. Setzt man die Taube auf den Boden, so dreht sie nicht blos den Kopf nach rechts und links, sondern häufig folgt auch der Rumpf derselben Richtung, so dass das Thier rechts oder links sich im Kreise herumdreht. Die geschilderten Bewegungen gehen fast unaufhörlich vor sich. Hat sich das Thier beruhigt, so beginnen die Bewegungen sofort wieder, wenn die Taube in irgend einer Weise erregt wird. Je heftiger das Thier gereizt wird, um so stürmischer werden die merkwürdigen Bewegungen. Durchschneidet man bei einer Taube einen der senkrecht gerichteten Bogengänge, so macht das Thier auch Bewegungen des Kopfes, aber diese gehen jetzt in einer andern Ebene vor sich, als bei dem vorhin beschriebenen Versuch. Ein Thier mit durchschnittenen senkrechten Bogengängen bewegt den Kopf fortwährend von oben nach unten, oder von unten nach oben. Dem entsprechend hat es die Neigung sich vorwärts oder rückwärts zu überkugeln. Aehnlich wie im früher erwähnten Falle werden auch hier die Bewegungen lebhafter, wenn man das Thier irgendwie beunruhigt. Durchtrennt man

mehr als einen Bogengang, so beobachtet man Störungen, welche sich zusammensetzen aus den verschiedenen Störungen nach Durchschneidung einzelner Bogengänge. Mögen nun die senkrechten oder wagrechten Bogengänge verwundet sein, immer verlieren die Thiere die Fähigkeit zu fliegen. Nur mit Mühe vermögen sie Nahrung selbstständig aufzunehmen. Sich selbst überlassen pflegen sie ungern den Standort zu wechseln. Machen sie eine freiwillige Fortbewegung, so wird die Erreichung eines Zieles durch jene sofort auftretenden Drehbewegungen des Kopfes und Rumpfes erschwert oder unmöglich gemacht. Man erhält dabei den Eindruck, als wenn die Thiere vom Schwindel ergriffen werden. Flourens hat verschiedene von ihm operirte Tauben Jahre lang am Leben erhalten, ohne dass sich in den räthselhaften Erscheinungen, die sie darboten, etwas geändert hätte. Die Drehungen des Kopfes treten übrigens erst dann ein, wenn man nach Durchtrennung der knöchernen auch die häutigen Bogengänge angeschnitten hat. Eine Verletzung, die sich auf die knöchernen, halbzirkelförmigen Kanäle beschränkt, führt die beschriebenen Störungen nicht nach sich. Wenn Flourens sich nicht damit begnügte, die Bogengänge zu durchschneiden, sondern grössere Stücke derselben ganz und gar zerstörte, so verloren die Thiere vollständig das Gleichgewicht, vermochten nicht einmal zu stehen, geschweige denn sich regelmässig fortzubewegen. Nach wilder Rollbewegung und Ueberkugelung gingen solche Thiere zu Grunde. Die beschriebenen räthselhaften Bewegungsstörungen liessen sich in ganz derselben Weise beobachten, wenn Flourens die Bogengänge bei Tauben verletzte, denen er einige Zeit vorher die Halbkugeln des grossen Gehirns fortgenommen hatte. Der Entdecker dieser wunderbaren Erscheinungen überzeugte sich ferner durch sorgfältige Prüfungen, dass Tauben mit verletzten Bogengängen fortwährend das Gehör behalten, während Thiere, bei denen man die Schnecken beschädigt, taub werden, ohne Bewegungsstörungen zu zeigen. Ausser an Tauben hat Flourens dieselben Versuche an vielen Vögeln der verschiedensten Arten mit demselben Erfolge wiederholt, und auch Kaninchen zeigten im Wesentlichen dieselben Störungen nach Verletzung der Bogengänge". Diese Angaben von Flourens sind bestätigt worden von Harless, Czermak, Brown-Séquard, Vulpian und Goltz. Goltz zeigte die in Rede stehenden Erscheinungen auf der Naturforscherversammlung zu Innsbruck und seitdem sind überall Tauben nach der Methode von Flourens operirt und hier in Wien von Breuer neue ausführliche Untersuchungen an solchen angestellt worden. Besonders interessant ist es, zu sehen, wenn die Thiere den Kopf in der Weise verdrehen, dass die untere Seite des Schnabels nach oben gewendet ist, bisweilen mit solcher Beharrlichkeit, dass wenn man ihnen Futter darbietet, sie dasselbe so aufnehmen, dass sie mit dem Kopfe verkehrt in das Futter hineingehen und die Körner erfassen. Wenn man übrigens solchen Thieren den Kopf eine Weile aufrecht erhält, so beruhigen sie sich, sie machen auch keine Anstrengungen den Kopf wieder in die alte Lage zurückzubringen. Man kann sie dann loslassen und sie halten den Kopf in seiner natürlichen Lage. Wenn sie aber gereizt werden, fangen sie an den Kopf wieder zu verdrehen, und haben sie dies gethan, so bleiben sie in dieser Lage, bis man sie wieder aufrichtet und beruhigt. Diese Erscheinung ist für uns von grosser

Wichtigkeit. Sie zeigt, dass wir es nicht mit Zwangsbewegungen im eigentlichsten Sinne des Wortes zu thun haben, mit Bewegungen, bei welchen durch unwillkürliche Muskelcontractionen der Kopf in eine andere Lage gebracht würde, denn diese Muskelcontractionen müssten gefühlt werden, wenn man dem Thiere den Kopf hält. Dies ist aber nicht der Fall. Sie halten den Kopf vollkommen ruhig. Man kann die Hand wegnehmen und der Kopf bleibt in seiner Lage. Das Thier wird also durch Wahnvorstellungen dahin gebracht, den Kopf in dieser Weise zu verdrehen. Dafür spricht auch der Umstand, dass es, sobald es beunruhigt wird, den richtig gestellten Kopf in die falsche Lage zurückzuführen pflegt.

Schon vor den neueren Untersuchungen über unseren Gegenstand führte der französische Arzt Menière, gestützt auf die Angaben von Flourens, gewisse Bewegungsanomalien, die mit starkem Schwindelgefühl einhergingen, auf Störungen in den Bogengängen und im Gebiete des Nervus vestibuli zurück. Seine Ansicht hat sich seitdem vollständig bestätigt und man nennt das Leiden nach ihm die Menière'sche Krankheit. S. Exner hat dieselbe auch mehrmals an Kaninchen beobachtet. Sie ging von einer Eiterung in der Trommelhöhle aus. Das Gehirn war in allen Fällen vollkommen gesund.

Flourens fand, wie oben erwähnt, dass die Thiere, denen er auf beiden Seiten die Schnecke und den Schneckennerven zerstörte, ausnahmslos taub wurden, dass aber Zerstörung des Nervus vestibuli nicht den gleichen Erfolg hatte, wie auch mit der Menière'schen Krankheit nicht nothwendig Taubheit desselben Ohres verbunden ist. Er zog daraus den richtigen Schluss, dass der sogenannte Nervus acusticus aus zwei ganz verschiedenen Nerven bestehe, und dass nur der Nervus cochleae Gehörnerve sei. Vom Nervus vestibuli sagte er, er repräsentire ein neues Hirnnervenpaar, das unsere Bewegungen regulire. Beim Menschen sind beide Nerven in ihrem Stamme nicht getrennt, wohl aber in ihrem Ursprunge, indem der Gehörnerv ausschliesslich aus der Medulla oblongata, theils als Stria acustica, theils aus dem Tuberculum laterale hervorgeht, während der Nervus vestibuli in seinem centralen Verlaufe zu einem Theile in die Medulla oblongata, zum anderen bis in das kleine Gehirn verfolgt ist. Beim Schafe sind, wie Horbaczewski in neuester Zeit gefunden hat, beide Nerven, die sich auch durch die Beschaffenheit ihrer Fasern unterscheiden, in ihrem ganzen Verlaufe vollständig von einander getrennt. Wir müssen also Flourens vollkommen beistimmen und können seine Angabe mit Breuer und Mach dahin erläutern, dass der Einfluss auf die Bewegungen dadurch geübt wird, dass der Nervus vestibuli uns unbewusst Sensationen zuführt über Beschleunigungen, die unserem Körper mitgetheilt werden, und über das Aufhören derselben. Der Nervus vestibuli hat auch in seinem Stamme eine Anhäufung von Ganglienzellen, ähnlich dem Wurzelganglion anderer sensibler Nerven. Es muss indessen bemerkt werden, dass uns solche Sensationen nicht ausschliesslich durch den Nervus vestibuli zukommen, sondern auch durch den Opticus und durch die sensiblen Nerven unserer Gliedmassen. Es ist bekannt, dass manche Rückenmarkskranke, bei denen die Sensibilität in den Beinen gesunken oder verloren gegangen ist, umfallen, wenn ihnen die Augen verbunden sind. Man muss aus dieser

Thatsache weiter den Schluss ziehen, dass die Sensationen, die vom Nervus vestibuli ausgehen, uns nicht so prompt zukommen, wie es für die Erhaltung des Gleichgewichts ohne andere Hülfsmittel nothwendig ist, wenn wir nicht annehmen wollen, dass durch die Krankheit auch schon die Functionsfähigkeit der Nervi vestibuli gelitten hat, oder dass der Kranke, wegen der Schwäche seines motorischen Systems mit Hülfsmitteln nicht ausreicht, die dem Gesunden genügen würden. Annahmen, die allerdings nicht von vorne herein ausgeschlossen werden können. Gewiss ist nur, dass für das Gleichgewichtsgefühl und die Sicherheit der Ortsbewegungen die Integrität der Nervi vestibuli und ihrer Endapparate nothwendig ist; denn, wie oben erwähnt, zeigten die Tauben von Flourens ihre anomalen Bewegungen noch nach Jahr und Tag, nachdem also alle Reizungserscheinungen längst geschwunden sein mussten und nur die gesetzte Zerstörung noch in Betracht kam.

Ueber das kleine Gehirn haben wir nur dürftige Kenntnisse. Eines ist ausser Zweifel, das kleine Gehirn steht in einem gewissen Zusammenhange mit der Coordination der Bewegungen. Wir haben gesehen, dass ein Huhn, dem man die Hemisphären des grossen Gehirns abgetragen hat, seine Bewegungen im Allgemeinen noch in ähnlicher Weise coordinirt, wie ein unverletztes, dass es auf Kneipen mit Reflexbewegungen antwortet, mit Versuchen zu entfliehen, die ganz so geordnet sind, wie sonst. Ganz anders aber verhält es sich, wenn man ihm das Kleinhirn weggenommen hat. Ein solches Thier stolpert, fällt hin, wenn es gereizt wird, schlägt mit den Flügeln, strampft mit den Beinen, macht eine Reihe unregelmässiger Bewegungen, die keineswegs den Charakter der Zweckmässigkeit haben, wie man sie an Thieren sieht, die noch im Besitze ihres Kleinhirns sind. Es ist wohl mehr als wahrscheinlich, dass das Coordinationscentrum im Kleinhirn im Zusammenhange steht mit der aus dem Kleinhirn kommenden Wurzel des Nervus vestibuli, und dass Erregungen des Nervus vestibuli auf dieses Centrum wirken. In wie weit aber bewusste Vorstellungen von Scheinbewegungen, wie sie z. B. beim Drehschwindel eintreten, Vorgängen im Kleinhirn, und in wie weit sie Vorgängen im Grosshirn entsprechen, ist unbekannt; jedenfalls ist letzteres mitbetheiligt, da es Gesichtsempfindungen sind, die in der Wirklichkeit nicht entsprechende Vorstellungen umgesetzt werden.

Zweitens hat man das kleine Gehirn mit den Geschlechtsfunctionen in Zusammenhang gebracht. Es sind einige pathologische Beobachtungen gemacht worden, die darauf hindeuten. Serres fand, dass bei apoplectischen Ergüssen ins Kleinhirn, speciell in den Wurm, Erection des Penis eintritt und er hielt dies für so constant, dass er Erection des Penis bei apoplectischen Anfällen für ein sicheres Kennzeichen davon hielt, dass der Erguss in den Wurm stattgefunden habe. Ferner beobachtete Larrey, der berühmte Chefchirurg der napoleonischen Armee, dass ein Soldat, dem in Egypten das kleine Gehirn verletzt worden war, sein Geschlechtsvermögen verlor und ihm die Hoden atrophisch wurden. Es hat sich indessen diese Theorie nicht halten lassen, wesentlich wegen einer Beobachtung, die in Paris im Hospice des orphelins gemacht wurde. Eine Kranke, eine gewisse Alexandrine Labrosse, die bis zu ihrem Ende der Onanie ergeben war, starb. Bei der Obduction wurde

kein Kleinhirn gefunden, sondern an Stelle desselben Flüssigkeit und eine gallertartige, halbzirkelförmige Membran.

Ich kann das Gehirn nicht verlassen, ohne der Setschenow'schen Theorie von dem grossen Hemmungscentrum zu erwähnen. Setschenow ist der Ansicht, dass sich in den unteren Theilen der Sehhügel, dann in den Corpora quadrigemina und zum Theil auch noch im obersten Ende der Medulla oblongata ein grosses Centrum befinde, von dem Hemmungsnerven ausgehen, welche die Auslösung von Reflexbewegungen erschweren, beziehungsweise hindern können. Die Versuche, welche er anstellte, um seine Lehre zu erweisen, sind folgende. Er macht einem Frosche zuerst einen Schnitt, durch den er die Hemisphären an ihrem hinteren Ende quer durchschneidet, so dass er den grössten Theil derselben abtrennt. Das hat nur den Zweck, dass das Thier keine willkürlichen Bewegungen in der Weise wie ein unversehrter Frosch mache. Ein solcher Frosch lässt die Beine herunterhängen. Nimmt man mit wenig Schwefelsäure angesäuertes Wasser (nur so dass es sauer schmeckt), und hängt die eine Pfote hinein, so zieht er sie nach einigen Secunden heraus. Die Zahl derselben notirt man. Dann schneidet man dem Frosche das Gehirn im oberen Theile der Medulla oblongata ab, und macht man jetzt denselben Versuch, so findet man, dass er dann nach kürzerer Zeit das Bein herauszieht, dass also die Reflexbewegung leichter ausgelöst wird. Man muss sich hier das Auslösen der Reflexbewegung in einer Weise denken, wie wir es später noch häufig kennen lernen werden, durch sogenannte Summirung der Reize: dadurch dass ein schwächerer Reiz längere Zeit einwirkt, summiren sich die Wirkungen, so dass endlich die Reflexbewegung ausgelöst wird. Wenn die Reflexbewegung leichter erfolgt, so ist die Zeit, welche zu ihrer Auslösung erforderlich ist, kürzer, weil die zu erzielende Reizsumme kleiner ist. Jetzt nimmt er einen anderen Frosch und macht diesem einen Schnitt zwischen die Sehhügel und Vierhügel und bringt Kochsalz auf die Schnittfläche. Vorher hatte er die Zeit notirt, nach der er nach Abtragung der Hemisphären das Bein herauszog. Dann findet er, dass er das Bein langsamer herauszieht, so dass die Zeit, in welcher sich die Reize summiren, grösser ist, als bei einem normalen Frosche. Er sagt: das eine Mal habe ich das ganze Hemmungscentrum vom Rückenmarke abgetrennt und deshalb ist die Reflexbewegung leichter erfolgt; das andere Mal habe ich das Hemmungscentrum durch Kochsalz chemisch gereizt, dadurch dasselbe erregt, es ist also die Reflexbewegung gehindert worden, der Reflex wurde später ausgelöst als unter normalen Verhältnissen.

Gegen diese Theorie wurden namentlich von Herzen viele Einwände gemacht. Herzen hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass mechanische Reizungen der betreffenden Theile nicht dieselben Resultate gaben, wie der von Setschenow angewandte chemische Reiz. Dies gab letzterer auch später zu. Es war ferner von Herzen geltend gemacht worden, dass nicht blos locale Reizungen dieses sogenannten Hemmungscentrums, sondern dass überhaupt heftige Reize, die von irgend welchem sensiblen Nerven ausgehen oder auf den Querschnitt des Rückenmarks applicirt werden, die Reflexerregbarkeit herabzusetzen im Stande sind, d. h. die Auslösung von Reflexbewegungen erschweren. Es ist endlich Setschenow selbst zweifelhaft geworden, ob die leichtere Auslösung

von Reflexbewegungen, die nach dem Schnitte durch die Medulla oblongata entsteht, davon herrührt, dass das Hemmungscentrum von der Medulla oblongata abgetrennt ist, oder ob sie nicht vielleicht auch auf einer localen Reizung beruht. Man kann also diese ganze Lehre von dem Reflexhemmungscentrum im Gehirne noch nicht als völlig sicher, wenigstens nicht als abgeschlossen betrachten, indem noch Manches in derselben unklar ist.

Man muss die von Setschenow und von Herzen beobachteten Erscheinungen im Zusammenhange betrachten mit denjenigen, welche Brown-Séquard und Türk schon früher nach halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarks beobachtet hatten. Türk fand, dass pathologische Entartungen in der Weise in beiden Seiten des Rückenmarks fortgeschritten waren, dass sie beiderseits über die Mittelebene hinausgingen. Sie lagen dabei noch verhältnissmässig nahe aneinander. Hier müsste also jede directe, auf derselben Seite verbleibende Längsleitung irgendwo unterbrochen sein, und doch war während des Lebens keine Erscheinung vorhanden, die darauf hindeutete. Es könnte hienach auf den ersten Anblick scheinen, als ob die Leitung im Rückenmarke keine bestimmte, im Allgemeinen vorgeschriebene Bahnen hätte, sondern dass sie auf jeder beliebigen Bahn im Rückenmarke fortschreiten konnte, so lange nur noch eine Substanzbrücke vorhanden ist, durch die sie hindurchgehen kann. Man könnte dies in Zusammenhang bringen mit dem Gerlach'schen Netze von Nervenfasern, das das ganze Rückenmark durchsetzt. Aber dieser auffallende Befund und der Gegensatz desselben zu den Erscheinungen im Leben hängt offenbar damit zusammen, dass sich im Laufe der Zeiten, ebenso wie sich die Degenerationen bildeten, auch neue Nervenbahnen gebildet haben, auf welchen nun Impulse fortgeschritten sind, die im gesunden Rückenmarke diese Wege nicht nahmen. Dies geht daraus hervor, dass man andere Resultate erhält, wenn man am Rückenmarke Schnitte anlegt.

Wenn man einem Frosche die eine Hälfte des Rückenmarks bis zur Mittelebene durchschneidet, so wird das Bein an der Seite, wo der Schnitt im Rückenmarke gemacht wurde, unvollkommen gelähmt, dies sagt also, dass die Kreuzungen der Bahnen, welche vom Gehirne zu den motorischen Nerven gehen, verhältnissmässig hoch oben stattfinden, und dass dann die motorischen Bahnen auf derselben Seite verlaufen, auf der sich die Ganglienkörper befinden, die den motorischen Nerven derselben Seite als Ursprung dienen. Wie steht es nun mit der Empfindlichkeit? Dasselbe Verfahren, welches später Setschenow anwandte, um die Reflexerregbarkeit zu untersuchen, nämlich das Eintauchen der Zehen des Frosches in sehr verdünnte Schwefelsäure, wendete damals schon Türk bei Fröschen an, denen er das Rückenmark in der früher angegebenen Weise durchschnitten hatte. Er fand, dass das Bein der anderen Seite unterempfindlich war, d. h. dass dieses später als im normalen Zustande aus der verdünnten Schwefelsäure herausgezogen wurde. Dieselbe Unterempfindlichkeit an der unverletzten Seite zeigte sich auch bei Kaninchen. Wenn man diesen die Halbscheid des Rückenmarks durchschnitten hat, wird das Bein derselben Seite unvollkommen gelähmt, das der anderen Seite wird unterempfindlich. Beim Kneipen der Haut zeigen sich später Schmerzensäusserungen, als im normalen Zustande.

Fragt man, was dies bedeute, so kann man nichts anderes antworten, als dass die sensiblen Bahnen kurze Zeit, nachdem sie in das Rückenmark eingetreten sind, auf die andere Seite sich begeben und dann in dieser Seite nach aufwärts laufen, so dass durch die Schnitte Hautnerven der anderen Seite ausser Communication mit dem Gehirne gesetzt wurden.

Wie verhält sich aber das unvollkommen gelähmte Bein in Rücksicht auf seine Empfindlichkeit? Es erweist sich sowohl bei den operirten Fröschen, als bei den operirten Kaninchen als überempfindlich. Der Frosch zieht dieses Bein nach kürzerer Zeit aus der verdünnten Schwefelsäure heraus, als er es früher gethan hat. Das Kaninchen äussert schon bei mässigem Kneipen der Haut Schmerzen, und wenn man dieselbe unter stärkerem Drucke zwischen den Fingern wälzt, so schreit es laut, wie es ein gesundes Thier unter gleichen Umständen nicht zu thun pflegt. Wir haben also hier eine ähnliche Ueberempfindlichkeit, wie sie sich bei den Setschenow'schen Versuchen zeigte. Es werden Reflexbewegungen auf der verletzten Seite leichter ausgelöst, und zwar nicht nur durch chemische, sondern auch durch tactile Reize. Beim Frosche könnte man dies so erklären, dass der Schnitt das Reflexcentrum vom Hemmungscentrum getrennt hat. Für das Schreien des Kaninchens aber ist diese Erklärung unzulässig, da hier das Reflexcentrum in der Medulla oblongata liegt, also durch den Schnitt im Rückenmarke nicht vom Hemmungscentrum getrennt sein konnte.

Auch an Menschen sind nach Verwundungen eines Seitenstranges des Rückenmarkes analoge Erscheinungen beobachtet, in einzelnen Fällen sogar vollständige Anästhesie auf der einen Seite und Lähmung nebst Ueberempfindlichkeit auf der andern Seite. Auf der anästhetischen, also der nichtverwundeten Seite, war der Kraftsinn, das heisst das Unterscheidungsvermögen für zu hebende Gewichte immer erhalten. Es gibt dafür zweierlei Erklärungen. Erstens die Annahme, dass die empfindenden Nerven der tieferen Theile im Rückenmarke andere Wege gehen als die Hautnerven, und zweitens die Annahme, dass der Patient die Gewichte schätzt nach der Grösse der Intentionen, der Willensimpulse, welche er braucht, um sie zu heben, ähnlich wie ein Billardspieler die Kraft seines Stosses schon im Voraus abmisst, noch ehe ihm aus demselben irgend eine tactile Erfahrung erwachsen ist. Ueber den Grund der Ueberempfindlichkeit, der vermehrten Schmerzempfindlichkeit und der vermehrten Reflexerregbarkeit, auf der verwundeten Seite haben auch die Erfahrungen am Menschen keinen genügenden Aufschluss gegeben. Man weiss nicht, in wie weit sie in den einzelnen Fällen von dem durch gleichzeitige Durchtrennung vasomotorischer Nerven vermehrten Blutreichthum abhängig war, wie weit sie auf Reizerscheinungen, wie weit sie auf Lähmung zurückgeführt werden musste.

Wir gehen zu dem verlängerten Marke, zur Medulla oblongata über. Wenn man den Boden des vierten Ventrikels ansieht, so findet man unter den Querfasern des Acusticus, in der Mitte des Bodens des vierten Ventrikels, eine keilförmige Partie von weisser Substanz. Nach aussen davon sieht man in Gestalt eines Mottenflügels eine graue Partie liegen, Arnold's Ala cinerea. Diese graue Partie ist der Kern, aus dem ein mächtiger Nerv, der Nervus vagus, hervorgeht. Die Partie von

dieser Ursprungsstelle nach abwärts, beim Kaninchen etwa bis 3 Mm. nach abwärts, ist der sogenannte Lebensknoten von Flourens. Flourens fand, dass der plötzliche Tod, welcher eintritt, nachdem man an dieser Stelle eingestochen, von Sistirung sämmtlicher Respirationsbewegungen herrühre. Flourens hat sich mit der Physiologie dieser merkwürdigen Stelle der Medulla oblongata eingehend beschäftigt. Er fand, dass die Respirationsbewegungen fortdauern, wenn man das Centralorgan irgendwo oberhalb dieser Region durchschneidet und dass dieselben theilweise fortdauern, wenn man das Rückenmark, irgendwo unterhalb dieser Stelle durchschneidet. Es bleiben dann diejenigen Respirationsmuskeln in Thätigkeit, welche ihre Nerven aus Partien des Rückenmarks beziehen, die noch in Zusammenhang mit der Medulla oblongata, also noch mit dem Lebensknoten stehen. Es stellen dagegen diejenigen Respirationsmuskeln ihre Action ein, die ihre Nerven aus Partien des Rückenmarks beziehen, welche nicht mehr mit der Medulla oblongata in Zusammenhang stehen. Indessen stehen einige Angaben neuerer Zeit nicht ganz im Einklange mit den Resultaten von Flourens.

Gierke glaubt nach seinen Versuchen, dass es nicht sowohl auf Zerstörung einer Zellenmasse, als auf Durchschneidung eines nach aussen von der Ala cinerea liegenden Faserbündels ankomme, und Prok. Rokitansky findet, dass Thiere, denen die Medulla oblongata durchschnitten ist, nach Einspritzung von Strychnin vorübergehend wieder Athembewegungen machen. Er glaubt, dass Athemcentra tiefer hinabreichen, die nach Trennung der Medulla oblongata nicht selbstständig functioniren, aber durch Strychnin vorübergehend angeregt werden. Auch die obere Grenze der Athmungscentra scheint noch nicht genau bekannt zu sein. Thiere, denen das Mark im Pons Varolii durchschnitten ist, athmen nach Prok. Rokitansky oft nur kurze Zeit, wenn die Athmung nicht von Zeit zu Zeit durch künstliche Respiration und die dadurch beschleunigte Circulation wieder angefacht wird. Auch hier lassen sich nach dem Aufhören der Athembewegungen durch Strychnineinspritzung neue hervorrufen. In früherer Zeit, ehe man die Ludwig'sche Methode Thiere mit Opium zu narkotisiren kannte und ehe man Aether, Chloroform, Chloralhydrat und andere Betäubungsmittel kannte, wurde für physiologische Zwecke häufig die Medulla oblongata durchschnitten, und dann künstliche Respiration eingeleitet, um die Circulation im Gange zu erhalten und so an dem Thiere noch als an einem lebenden, experimentiren zu können.

Ein anderes wichtiges Centrum im verlängerten Marke ist das für die vasomotorischen Nerven. Schon frühere Beobachtungen von Ludwig hatten darauf hingewiesen, dass im verlängerten Marke ein Centrum für die vasomotorischen Nerven sei, in der Weise, dass von diesem Centrum dauernd Impulse ausgehen, denen die Gefässwände ihren Tonus verdanken, d. h. den normalen Contractionszustand ihrer Muskelelemente. Andererseits zeigte sich dieses Centrum auch als ein reflectorisches, indem durch Erregung desselben von der Peripherie aus Zusammenziehungen in den Gefässen hervorgerufen wurden. Nach den Untersuchungen, welche Owsjannikoff und später Dittmar im Ludwig'schen Laboratorium angestellt haben, ist über die Existenz eines solchen vasomotorischen Centrums in der Medulla oblongata kein Zweifel mehr vorhanden, zweifelhaft ist dessen untere Grenze, indem gewisse Versuchsresultate

zu der Vermuthung geführt haben, dass auch noch weiter nach abwärts im Mark Apparate vorhanden sind, welche zur Regulirung des Tonus der Gefässwandungen dienen. Auch die obere Grenze ist nicht mit Sicherheit bekannt. Verletzungen und Extravasate im Pons, den Vierhügeln, in den Sehhügeln und Streifenhügeln haben veränderten Zustand der Gefässe der Haut, angeblich auch Blutungen in den Eingeweiden zur Folge gehabt. Die meisten Beobachtungen beziehen sich auf Gefässerweiterung auf der gelähmten Seite hemiplectischer Individuen; man weiss aber nicht, in wie weit man es hier mit directer Lähmung, in wie weit mit Reflexlähmung, das heisst mit hemmender, mit deprimirender Einwirkung auf das Centrum in der Medulla oblongata zu thun hatte.

Fig. 17.



Ein drittes singuläres Gebiet in der Medulla oblongata hat vor einer Reihe von Jahren Bernard gefunden. Er durchstach das verlängerte Mark an einer bestimmten Stelle und brachte dadurch künstlich Diabetes mellitus hervor. Er bediente sich hiezu eines meisselförmigen Instrumentes, das er später so modificirte, dass er von der in querer Stellung eindringenden Schneide desselben einen Dorn (Fig. 17) ausgehen liess, der dazu diente, das Instrument nur bis zu einer gewissen Tiefe in die Medulla oblongata eindringen zu lassen, damit keine stärkere Verletzung hervorgebracht werde, als sie zur Erzeugung des Diabetes nöthig ist. Um den richtigen Punkt zu treffen, sucht Bernard bei einem Kaninchen die kleine flache Erhabenheit am Hinterhaupte auf, welche am Kaninchenkopfe mit Leichtigkeit zwischen den Ohren zu fühlen ist. Diese Erhabenheit hat nach hinten eine kleine Depression, die man gleichfalls durch die Bedeckungen leicht hindurchfühlen kann. In diese Depression stösst er den Meissel ein und führt ihn dann an der Rückwand des Hinterhauptes nach abwärts. Dadurch gelangt er mit dem Meissel zwischen Knochen und Kleingehirn hindurch, ohne dass letzteres verletzt wird, und nun dringt der Meissel in die Medulla oblongata ein. In Folge dieser Operation tritt Diabetes mellitus mit allen seinen Erscheinungen auf. Die Blase füllt sich rasch, der sich darin ansammelnde Urin ist zuckerhältig und die Secretion ist dauernd vermehrt. Die Thiere gehen theils zu Grunde, theils kommen sie davon. Es hängt dies von der Grösse der Verletzung ab, die sie erlitten haben. Bei den Thieren, die davon kommen, bessert sich der Diabetes und verschwindet endlich ganz, bei denen, die zu Grunde gehen, pflegt der Diabetes mellitus auch zu verschwinden, ehe sie sterben. Es ist sehr viel über die Ursache dieser Erscheinungen experimentirt worden, die, als sie bekannt wurden, das grösste Aufsehen machten. Man glaubte zuerst, dass die Wirkung dieser mit dem Namen der Piqure bezeichneten Operation darin begründet sei, dass der Vaguskern getroffen und in Folge dessen der Respirationsact beeinträchtigt werde, dass deshalb der Zucker, der normaler Weise im Blute vorhanden, nicht wie gewöhnlich verbrannt werde, sich somit im Blute ansammle und durch die Nieren ausgeschieden werde. Bernard hat aber nachgewiesen, dass sich die Sache anders verhält. Erstens wird der Vaguskern nicht getroffen. Zweitens merkt man den Thieren keinerlei Beeinträchtigung

ihrer Respiration an. Drittens kann die Respiration gesunder Kaninchen beeinträchtigt werden, ohne dass sie diabetisch werden. Endlich kann man die Vagi selbst durchschneiden, ohne dass dadurch jemals Diabetes hervorgerufen wird. Es kann sich also nicht darum handeln, dass der Zucker, der normaler Weise ins Blut gelangt, nicht in der gewöhnlichen Weise verbrannt wird, sondern man muss vielmehr annehmen, dass eine ungewöhnlich grosse Menge von Zucker in das Blut hineingelangte. Es fragt sich nun, auf welche Weise dies geschieht. Es hat sich bis jetzt darüber keine bestimmte Meinung feststellen lassen, aber man hat Fingerzeige bekommen, durch welche Cyon und Adaloff in neuerer Zeit zu einer Hypothese über die Ursache des Diabetes gelangt sind. Man hat gefunden, dass durch die Ausschneidung des Ganglion cervicale inferius Diabetes erzeugt wird, und zwar geben Cyon und Adaloff an, dass dies von einer Hyperämie, die in der Leber eintritt, herrühre. Sie glauben deshalb, dass die vasomotorischen Nerven der Leber, die ihr Centrum in der Medulla oblongata haben, durch die Rami communicantes aus dem Rückenmarke aus- und in den Sympathicus eintreten und so endlich zur Leber gelangen. In Folge der Lähmung dieser Nerven trete Hyperämie in der Leber ein, dadurch sei die reichlichere Zuckerbildung in derselben zu erklären und hieraus die grössere Zuckermenge im Blute, also der Diabetes. Sie geben an, dass dieser Diabetes nach Ausschneiden des Ganglion cervicale inferius ausgeblieben sei, wenn sie vorher den Splanchnicus durchschnitten hätten. Sie erklären dies so, dass durch die Durchschneidung des Splanchnicus, der bekanntlich die vasomotorischen Nerven für einen grossen Theil des chylopoëtischen Systems führt, die Blutbahnen im Darmkanale erweitert, und so für das Blut gewissermassen ein so breiter Nebenweg eröffnet worden sei, dass das Ausschneiden des Ganglion cervicale inferius jetzt keine Hyperämie in der Leber hervorgebracht habe. Es muss übrigens bemerkt werden, dass nach blosser Durchschneidung des Nervus splanchnicus auch Diabetes beobachtet wurde, wenn auch nicht immer. Auch ist Eckhard auf Grund seiner Versuche den Ansichten von Cyon und Adaloff entgegengetreten. Als ein merkwürdiges, aber auch bis jetzt ganz unerklärtes Factum ist Eckhard's Beobachtung zu erwähnen, dass reine Polyurie ohne Zuckerausscheidung entsteht, wenn man nicht die Medulla oblongata, aber den Wurm verletzt. Auch nach Verletzung einzelner anderer Theile des Nervensystems, als dem von Bernard bezeichneten, hat man Zucker im Urin auftreten sehen, aber nicht mit derselben Regelmässigkeit.

Die Nerven.

Nervus oculomotorius.

Wir gehen nun zur Betrachtung der einzelnen Nervenbahnen über und machen den Anfang mit dem Nervus oculomotorius. Derselbe zeigt sich gleich bei seinem Ursprunge als ein motorischer Nerv. Er entspringt unterhalb des Aquaeductus Sylvii jederseits aus einem grauen Kerne, der in der Fortsetzung der vorderen grauen Colonnen des Rückenmarks liegt und die Ganglienzellen, aus denen der Oculomotorius

seinen Ursprung nimmt, entsprechen in ihrem Aussehen noch ganz denen, aus welchen die motorischen Rückenmarksnerven entspringen. Er läuft dann nach abwärts und tritt zu beiden Seiten nach innen vom Fusse des Hirnschenkels zu Tage. Er anastomosirt am Sinus cavernosus mit dem ersten Aste des Trigeminus und nimmt hier die sensiblen Fasern auf, die er in seinem weiteren Verlaufe führt. Er theilt sich in zwei Aeste, einen kleinen oberen, welcher den Levator palpebrae superioris und den Rectus superior versorgt, und in einen grösseren unteren Ast für den Rectus internus, rectus inferior und obliquus inferior, der noch ausserdem die Radix brevis ad ganglion ciliare abgibt. Der Oculomotorius versorgt nicht blos die äusseren Muskeln des Auges, sondern auch zwei von den Binnenmuskeln desselben. Solche gibt es bekanntlich drei. Erstens den Musculus tensor chorioideae, der vom Rande der Hornhaut entspringt und dessen Fasern sich rückläufig an die Chorioidea ansetzen, der Muskel, welcher, wie wir sehen werden, die Accommodation des Auges für die Nähe vermittelt. Zweitens den Sphincter pupillae, welcher in Form eines etwa einen Millimeter breiten Ringes die Pupille umgibt. Endlich den Dilatator pupillae, dessen Fasern radial hinter den grossen Gefässen der Iris vom Margo ciliaris iridis bis zum Sphincter hinlaufen. Von diesen drei Muskeln versorgt er den Tensor chorioideae und zwar nach den Untersuchungen von Hensen und Adamük, die an Hunden gemacht wurden, ausschliesslich durch Fasern, welche vom Ganglion ciliare kommen. Zweitens versieht er den Sphincter pupillae. Der Dilatator pupillae wird nicht von ihm versorgt.

Um die Bewegungen der Iris im Zusammenhange behandeln zu können, müssen wir auch von der Innervation des Dilatator pupillae sprechen. Petit wusste schon im Jahre 1727, dass, wenn man den Sympathicus am Halse durchschneidet, merkwürdige Veränderungen im Auge vor sich gehen, die in neuerer Zeit wieder ausführlich theils von Bernard, theils von Budge und Waller studiert worden sind. Diese Veränderungen bestehen in Folgendem: Sobald der Sympathicus am Halse durchschnitten worden ist, verengert sich die Pupille des Auges derselben Seite, das Auge schielt nach innen, es ist etwas in die Orbita zurückgesunken, so dass die Lidspalte enger wird, indem die Lidspalte ihre Oeffnung nicht blos der Wirkung des Levator palpebrae superioris, sondern auch dem Drucke verdankt, den der Bulbus von innen heraus ausübt. Endlich bei denjenigen Thieren, welche ein drittes Augenlid, eine Nickhaut haben, zieht sich diese so vor, dass sie die Pupille grösstentheils, bisweilen sogar gänzlich bedeckt. Gleichzeitig mit diesen Veränderungen ändert sich auch der Füllungsgrad der Blutgefässe des Kopfes, dies ist bei Thieren mit durchscheinenden Ohren wie die Kaninchen, zunächst dadurch auffallend, dass sich die Gefässe des Ohres der operirten Seite sichtlich stärker mit Blut füllen. Namentlich fällt es auf, dass nicht allein die Venen als rothe Stränge stärker sichtbar sind, als im normalen Zustande, sondern, dass neben ihnen auch die stärker gefüllten Arterien als ähnliche rothe Stränge verlaufen. Auch am Auge kann man diese stärkere Gefässfüllung, wenn auch weniger auffallend als an den Ohren beobachten. Auch die Temperatur der beiden Ohren ist ungleich, indem das Ohr der operirten Seite wärmer ist, als das der anderen Seite. Es fragt sich, woher rühren alle diese Erschei-

nungen. Um das zu erfahren, muss man das peripherische Ende des durchschnittenen Sympathicus reizen. Reizt man dieses mit den Electroden eines Magnetelectromotors, so erweitert sich die Pupille weit über ihr gewöhnliches Maass, das Auge richtet sich wieder gerade, ja sogar etwas nach aussen, die Nickhaut zieht sich zurück, der Bulbus wird hervorgedrängt und dadurch die Lidspalte weiter geöffnet, als die des andern Auges. Kurz die Erscheinungen sind das gerade Gegentheil von denjenigen, die durch das Durchschneiden erzielt worden sind. Wenn man jetzt die beiden Ohren miteinander vergleicht, so sieht man, dass in dem Ohre der Seite, auf welcher gereizt wird, die Gefässe fast vollständig verschwunden sind, dass sie sich im hohen Grade verengert haben. Dasselbe kann man im Auge wahrnehmen. Wenn man während der Reizung mit dem Augenspiegel untersucht, so bemerkt man, dass die Gefässe der Retina und Chorioidea sich in Folge derselben zusammenziehen. Es kann jetzt nicht mehr zweifelhaft sein, dass die Pupillenverengerung daher rührte, dass man die Nerven durchschnitten hatte, welche den Dilatator pupillae innerviren. Dadurch hatte der Sphincter das Uebergewicht bekommen und die Pupille hat sich verengert. Jetzt reizt man dieselben Nerven, die Folge davon ist, dass die Pupille sich stark erweitert.

Warum tritt das Auge beim Reizen hervor, und warum sinkt es bei der Durchschneidung in die Orbita zurück? Das erklärt sich aus dem Vorhandensein eines Muskels in der Orbita, der von Heinrich Müller entdeckt wurde und unter dem Namen des Müller'schen Muskels bekannt ist. Er besteht aus glatten Muskelfasern und überspannt die Fissura orbitalis inferior. So lange dieser Muskel erschlafft ist, liegen seine Fasern bogenförmig, wenn er sich aber zusammenzieht, so spannen sie sich gerade, verengern dadurch den Raum der Orbita und müssen das Auge herausdrängen. Denkt man sich, dass dieser Muskel im Leben in einem mittleren Grade von Zusammenziehung sich befindet, so wird er vollständig erschlaffen, nachdem der Sympathicus, der ihm Nerven sendet, am Halse durchschnitten ist, das Auge wird also zurücksinken. Wenn aber der Sympathicus gereizt wird, werden diese Muskeln sich zusammenziehen, er wird also das Auge aus der Orbita herausdrängen. Gleichzeitig mit diesem Muskel hat Müller glatte Muskelfasern beschrieben, welche auf der inneren Seite der Augenlider und in senkrechter Richtung verlaufen, so dass sie bei ihrer Zusammenziehung das Auge mit öffnen helfen können. Wenn also diese Muskelfasern ihres Nerveneinflusses beraubt sind, ist auch das eine Ursache, dass die Lidspalte enger werde, während umgekehrt, wenn diese Muskeln zur Contraction gereizt werden, bei gleicher Innervation des Levator palpebrae superioris die Lidspalte sich über das frühere Maass erweitern muss.

Am wenigsten klar ist bis jetzt das Schielen nach innen. Es scheint daher zu rühren, dass auch Fasern aus dem Sympathicus zu dem Musculus rectus externus gehen, durch deren Lähmung der rectus internus das Uebergewicht erlangt, so dass das Auge eine andere Stellung erhält.

Diese Fasern, welche durch den Halstheil des Sympathicus zum Auge hingehen, haben ihren Ursprung nicht im Sympathicus selbst, sondern, wie durch die Untersuchungen von Budge und Waller nachgewiesen ist, im Rückenmarke, im untersten Theile des Halsmarkes

und im obersten des Brustmarkes. Diese Gegend nennt man Regio ciliospinalis. Wenn man sie reizt, so treten dieselben Veränderungen im Auge ein, welche wir auf Reizung des Halstheiles des Sympathicus beobachtet haben, schneidet man diese Gegend aus, so treten die Veränderungen auf, die nach Durchschneidung der besagten Nervenbahn auftreten. Bei Hunden verlassen sie nach den Untersuchungen von Bernard mit dem 7. und 8. Cervicalnerven und mit dem ersten Dorsalnerven das Rückenmark und treten durch die entsprechenden Rami communicantes in den Sympathicus ein. Durchschneidet man diese Rami communicantes, so treten dieselben Veränderungen ein, wie wir sie bei Durchschneidung des Halstheiles des Sympathicus beobachtet haben. Diese von der Regio ciliospinalis zum Auge gehenden Nerven haben, wie Bernard nachgewiesen, ein ganz ungewöhnlich ausgedehntes Reflexgebiet. Sie können nämlich von jeder Stelle des Körpers aus erregt werden, vorausgesetzt, dass ein hinreichend starker Reiz erzeugt wird. Wenn man ein Thier an irgend einer Stelle sehr heftig kneipt, oder anderweitig misshandelt, so treten am Auge die Veränderungen ein, die bei Reizung des Halstheils des Sympathicus beobachtet werden. Hieraus erklären sich die Beschreibungen, welche uns von früheren Autoren über die Veränderungen des Aussehens von Leuten, die auf die Folter gespannt wurden, gegeben werden. Es wird erzählt, es seien unter den Schmerzen die Augen aus ihren Höhlen herausgetreten.

Salkowsky ist der Ansicht, dass das eigentliche Centrum ciliospinale aufwärts vom Atlas liegen müsse. Es veranlasst ihn dazu folgende Erfahrung. Wenn man ein Thier mit Curare vergiftet und dann künstliche Respiration eingeleitet hat, so erweitert sich die Pupille, wenn man die künstliche Respiration aussetzt und das Thier der Erstickung entgegengeht. Diese Pupillenerweiterung bleibt aus, wenn man vorher das Halsmark durchschnitten hat. Das venöse Blut muss also von einem höher liegenden Orte aus auf die Dilatatornerven eingewirkt haben. Die motorischen Bahnen der willkürlichen Muskeln haben, wie wir früher sahen, mehrere Innervationscentra über einander liegen, im Rückenmark, in den Stammganglien des Hirns, in der Hirnrinde. So mögen auch die hier in Betracht kommenden Nerven unwillkürlicher Muskeln ein Centrum im Rückenmark, ein oder mehrere andere im Gehirn haben; die Analogie und das Verhalten gegen Reflexreize macht dies sogar wahrscheinlich.

Was die Veränderungen des Gefässsystems anlangt, so ist es klar, dass die Erweiterung von nichts Anderem herrührt, als davon, dass wir mit dem Halstheile des Sympathicus auch zugleich die in demselben verlaufenden vasomotorischen Nerven des Carotidensystems durchschnitten haben. Reizen wir dieselben Nerven, so tritt das Gegentheil ein, es ziehen sich alle diese Gefässe zusammen.

In Rücksicht auf die Temperaturerhöhung glaubte man Anfangs, hier eine eigene Quelle für Wärmebildung eröffnet zu haben. Die späteren Untersuchungen haben aber überzeugend nachgewiesen, dass die Erhöhung der Temperatur sich lediglich aus dem reichlicheren Blutzuflusse erklärt. Das Ohr mit seiner sehr grossen Oberfläche ist fortwährend der Abkühlung ausgesetzt. In seiner knorpeligen Masse und seiner dünnen Haut wird verhältnissmässig sehr wenig Wärme gebildet. Es

wird also gewissermassen fortwährend geheizt durch den Strom des warmen Blutes, der durch die Gefässe hindurchgeht. Wenn das Blut reichlicher zugeführt wird, so wird in derselben Zeit mehr Wärme zugeführt, als früher. Das Ohr muss also wärmer werden, als das andere, dem die normale Menge Blutes zugeführt wird. Demnach erhebt sich auch die Temperatur des Ohres niemals über die in den inneren Theilen herrschende.

Man war Anfangs der Meinung, dass auch diese vasomotorischen Nerven ihren Ursprung in der Regio ciliospinalis hätten. Bernard hat aber gezeigt, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass sie das Rückenmark weiter unten verlassen. Wenn man beim Hunde den Grenzstrang des Sympathicus zwischen der zweiten und dritten Rippe durchschneidet, so treten die Veränderungen im Gefässsystem auf, aber nicht die Veränderung in der Stellung des Auges und in der Grösse der Pupille. Bei denselben Untersuchungen hat er sich auch bemüht, noch andere Wege von vasomotorischen Nerven nachzuweisen. Er hat dabei gefunden, dass wenn man das Ganglion thoracicum primum ausreisst, die obere Extremität sich erwärmt, und dass, wenn man das Ganglion, das beim Hunde auf dem 5. und 6. Lendenwirbel aufliegt, ausreisst, die untere Extremität des Thieres sich erwärmt. Man hat also durch diese Operationen die Bahnen der betreffenden vasomotorischen Nerven unterbrochen.

Wir haben nun die Quellen kennen gelernt, aus denen die drei Binnenmuskeln des Auges ihre Nerven erhalten. Wir wollen uns jetzt fragen, unter welchem Einflusse steht die Pupille, wovon ist ihre Erweiterung und Verengerung abhängig? Der Einfluss, den wir am leichtesten beobachten können, ist der des Lichtes. Wenn wir Licht in ein Auge fallen lassen, verengert sich die Pupille, und wenn wir das Licht wieder abhalten, erweitert sie sich. Das ist eine Reflexbewegung, welche durch Reizung des Nervus opticus ausgelöst wird. Sie bleibt aus, wenn der Nervus opticus durchschnitten ist, sie kann also nicht ausgelöst werden durch die Ciliarnerven. Wir kennen auch die ganze Kette der durchlaufenen Bahnen. Wir können den Nervus opticus zu den Vierhügeln verfolgen; unter den Vierhügeln entspringt der Oculomotorius. Es ist also klar, dass die Erregung von den centralen Enden des Opticus auf die Ursprünge des Oculomotorius übertragen wird, und dass dadurch die Veränderungen in der Pupille zu Stande kommen. Die Veränderung ist aber nicht auf die Pupille des einen Auges beschränkt, sondern es bewegt sich auch die des andern mit. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man das eine Auge abwechselnd verschliesst und wieder öffnet und dabei stets das andere Auge beobachtet. Die beiden Pupillen haben also Mitbewegung miteinander und es ist deshalb der Stand der Pupille von der Lichtmenge, welche in beide Augen fällt, abhängig; so dass, wenn man das eine Auge schliesst, man nicht die Hälfte des Lichtes für das Sehen verliert, indem sich dann die andere Pupille erweitert. Dadurch wird der Verlust wenigstens theilweise ersetzt.

Ausserdem hat die Pupille Mitbewegung mit dem Rectus internus und dem Tensor chorioideae. Der Rectus internus, der Tensor chorioideae und der Sphincter pupillae, die alle drei vom Oculomotorius innervirt werden, agiren mit einander. Es hängt das mit der Veränderung der Augenstellung beim Sehen zusammen. Wenn man einen näheren Gegen-

stand fixirt, ihn mit beiden Augen ansieht, so müssen die beiden Gesichtslinien stärker convergiren; hiebei muss sich der Tensor chorioideae zusammenziehen, um das Auge für die grössere Nähe einzustellen. Dabei contrahirt sich auch der Sphincter pupillae. Sieht man einen fernen Gegenstand an, so müssen die Gesichtslinien parallel gestellt werden, es muss also der Rectus internus nachgeben. Dann erschlafft auch der Tensor chorioideae und der Sphincter pupillae, indem die Pupille sich erweitert, so dass sie bei derselben Lichtmenge beim Sehen in die Ferne weiter ist, als beim Sehen in die Nähe. Man kann deshalb auch willkürlich seine Pupille verengern, indem man nach innen schielt. Wenn dabei auch nur ein Auge sich stark gegen die Nasenseite wendet, so verengert sich nicht nur die Pupille dieses Auges, sondern auch die des andern. Es fragt sich: Kann man seine Pupille auch willkürlich erweitern? Die Antwort darauf ist, dass dies einzelnen Menschen möglich ist. Ich kannte einen Dr. S . . . ., der seine Pupillen ziemlich bedeutend erweitern konnte. Was er dabei machte, wusste er selbst nicht genau. Er wusste nur, dass er eine ziemliche Anstrengung machen müsse, die sich auf eine Reihe von Muskeln erstreckte, damit die Pupillen sich erweitern. Die meisten Menschen sind nicht im Stande, die Bewegungen der Accommodation und die Irisbewegungen von denen des Rectus internus zu isoliren. Wenn sie die Gesichtslinien parallel stellen, können sie meist nicht für die Nähe accommodiren und umgekehrt, wenn sie die Gesichtslinien convergiren lassen, so können sie ihre Augen nicht für die Ferne einstellen. Durch Uebung lässt sich jedoch die Fähigkeit hiezu erwerben, und wir werden später von Versuchen sprechen, bei denen dies in Betracht kommt.

Welches sind nun die Veränderungen, die beim Menschen eintreten, wenn der Oculomotorius gelähmt ist, und woran erkennt man also die Oculomotoriuslähmung? Eine vollständige Lähmung des Oculomotorius zeigt sich durch höchst auffallende Erscheinungen. Das Augenlid der gelähmten Seite hängt herunter, weil der Levator palpebrae superioris gelähmt ist: diesen Zustand nennt man Blepharoptosis paralytica. Hält man einem solchen Menschen das andere Auge zu, so richtet er den Kopf nach rückwärts und sucht unter dem Augenlide hervorzusehen. Das Auge selbst ist seiner Beweglichkeit grösstentheils beraubt, indem nur noch der Obliquus superior und der Rectus externus agiren. Es schielt dem entsprechend nach aussen, steht fest, macht die Bewegungen des andern Auges nicht mit. Wenn man den Kopf hin und her neigt, so behält innerhalb gewisser Grenzen das Auge der gesunden Seite seine Lage gegen den Horizont bei, wie ein Schiffscompass, der frei beweglich aufgehängt ist. Das Auge der gelähmten Seite dagegen macht jede Bewegung des Kopfes mit, weil von den beiden schiefen Augenmuskeln nur einer innervirt ist. Die Pupille ist erweitert, aber nur mässig, nicht etwa so, als ob sie künstlich durch Atropin erweitert worden wäre, denn nur der Sphincter ist gelähmt, der Dilatator aber nicht activ contrahirt. Das Auge ist dabei dauernd für ein und dieselbe Sehweite eingestellt. Der Patient kann es nicht für eine kürzere, nicht für die Nähe einstellen. Dies rührt, wie wir später sehen werden, her von der Lähmung des Tensor chorioideae.

Die theilweisen Lähmungen charakterisiren sich dadurch, dass wenn der obere Ast gelähmt ist, die Ptosis vorhanden ist, aber das Auge noch nach der Seite bewegt werden kann, weil der Internus und Externus in

ihrem Antagonismus noch wirksam sind. Bei Lähmung des unteren Astes ist die Ptosis nicht vorhanden, dafür Pupillenerweiterung und Schielen des Auges nach aussen, weil der Rectus internus gelähmt ist. Auch die Accommodation und die Drehbewegungen des Auges sind gestört.

Krankhafte Erweiterung der Pupille durch Rückenmarkreizung wird zunächst im Tetanus beobachtet. Thiere, die in Tetanus versetzt sind durch solche Substanzen, die an und für sich nicht auf die Pupille wirken, zeigen im Anfall doch eine bedeutende Erweiterung derselben. Wenn sie im Anfalle sterben, verengert sich die Pupille plötzlich, indem nun die Contraction des Dilatator nachlässt. Da die Binnenmuskeln des Auges ein so weites Reflexgebiet haben, so ist es nicht wunderbar, dass sie auch von den Eingeweiden, den Unterleibsorganen aus erregt werden können. Vielleicht hängt es damit zusammen, dass die alten Aerzte behaupten, dass dauernde Erweiterung der Pupille bei Kindern ein Zeichen der Wurmkrankheit sei. Andererseits können diese Muskeln die Erscheinungen der reflectorischen Lähmung darbieten. Ich beobachtete einmal bei einer Typhuskranken, dass während ihrer Krankheit und während der Reconvalescenz, wenn vorübergehend eine Verschlimmerung eintrat, dieselben Veränderungen im einen Auge sich zeigten, als wenn der Halstheil des Sympathicus durchschnitten wäre. Mit der vollständigen Genesung schwanden diese Erscheinungen.

Nervus trochlearis.

Wir wollen, des Zusammenhanges wegen, jetzt die übrigen Nerven, welche zu den Augenmuskeln gehen, behandeln und mit dem Nervus trochlearis den Anfang machen. Er entspringt jederseits von der Raphe aus einem grauen Kerne, der unter dem Aquaeductus Sylvii liegt. Die Ganglienkugeln, aus denen er entspringt, sind wieder solche, wie sie in den vorderen Hörnern der grauen Substanz vorkommen. Der Nerv charakterisirt sich also durch seinen Ursprung als ein motorischer. Seine Fasern verlaufen nun bogenförmig nach aufwärts und sollen dann, nach der gewöhnlichen Annahme, in der Valvula cerebelli über dem hier im Querschnitte T-förmig gestalteten Aquaeductus Sylvii sich vollständig kreuzen. Nach Schröder van der Kolk ist dem jedoch nicht so. Nach ihm ist diese Kreuzung von markhaltigen Fasern, welche man mit blossem Auge in der Valvula cerebelli sieht, keine Kreuzung der Wurzelfasern des Trochlearis, sondern eine Commissur, welche von der einen Seite zur andern herübergeht, während die Wurzelfasern des Trochlearis auf derselben Seite bleiben und auf derselben Seite zu Tage treten. Ich habe mich schon vor einer Reihe von Jahren bemüht, in Rücksicht auf diese Trochleariskreuzung zu einer bestimmten Ueberzeugung zu gelangen. Es ist dies aber bei der mikroskopischen Untersuchung viel schwieriger, als es scheint, so lange man die Dinge mit blossen Augen sieht. Es scheint da, als ob man mit Leichtigkeit die Trochlearisfasern von einer Seite zur andern hinüber verfolgen könnte. Macht man aber Durchschnitte und untersucht sie mikroskopisch, so sieht man, dass dem keineswegs so ist, dass man keine einzige Faser mit Sicherheit von der einen Seite aus der Wurzel des Trochlearis, in die andere Seite, in den Verlauf desselben hinein verfolgen kann. So lange man sich aber nicht

mit Sicherheit, durch die directe Anschauung, von der Richtigkeit der alten Ansicht überzeugen kann, so lange muss man gestehen, dass die Ansicht von Schröder van der Kolk a priori viel wahrscheinlicher ist. Wir kennen keinen vorderen Rückenmarksnerven, auch keinen motorischen Hirnnerven, der, nachdem er aus seinem Kerne entsprungen, auf die andere Seite hinübergeht. Wir haben zwar vom Gehirne gekreuzte Wirkungen, aber diese kommen in anderer Weise zu Stande, und zwar so, dass die Fasern, welche vom Gehirne zum Kerne hinübergehen, gekreuzt sind. Die Fasern aber, die vom Kerne ausgehen und zu Tage treten, die eigentlichen Nervenwurzelfasern, sind niemals gekreuzt. Nun sieht man ein, dass sich mit dieser Ansicht die Angaben von Schröder van der Kolk leicht in Uebereinstimmung bringen lassen. Nach ihm gehen die Fasern des Trochlearis auf derselben Seite heraus. In der Commissur liegen die Fasern, die von der andern Gehirnhälfte kommen, und hier erst zum Kerne des Trochlearis hingehen. Dr. S. Exner hat den Nervus trochlearis einseitig von seinem Kerne aus zu reizen gesucht und Bewegung des Musculus obliquus superior an derselben Seite und nur an derselben Seite erhalten. Das spricht auch für die Ansicht von Schröder van der Kolk.

Der Trochlearis anastomosirt in der Wand des Sinus cavernosus mit dem Trigeminus. Er nimmt dort sensible Fasern auf und geht dann zum Musculus obliquus superior seu Musculus trochlearis, den er innervirt. Demnach ist seine Physiologie sehr einfach. Seine Lähmung ist weniger durch äussere Erscheinungen kenntlich, wie die des Oculomotorius, weil das Auge nur wenig in seiner Stellung verändert ist. Der Kranke selbst aber wird darauf aufmerksam, dass etwas in der Stellung seiner Augen nicht in Ordnung sei, denn er sieht doppelt und zwar stehen die Bilder in ungleicher Höhe. Das Bild des kranken Auges steht tiefer als das andere und schräg, so dass die Entfernung des unteren Theiles beider Bilder grösser ist, als die des oberen. Neigt man den Kopf etwas nach vorn und nach der gesunden Seite, so gehen die Bilder in eins zusammen. Senkt man das zu fixirende Object, so findet ein leichtes Einwärts- und Aufwärtsschielen mit dem kranken Auge statt. Die Schiefstellung des Kopfes gewöhnt sich an und kann sogar Contractur des Sternocleidomastoideus der gesunden Seite nach sich ziehen. Es gibt noch ein anderes Zeichen. Wir haben gesehen, dass das gesunde, in allen seinen Muskeln normal innervirte Auge wie ein Schiffscompass sich im Gleichgewichte hält, dass, wenn man den Kopf nach der einen oder anderen Seite innerhalb gewisser Grenzen neigt, das Auge seinen Horizont beibehält. Thut man dies mit einem Individuum, das an einer einseitigen Trochlearislähmung leidet, so macht das gelähmte Auge die Bewegungen des Kopfes mit. Das rührt daher, dass das Auge seine Drehbewegungen zwischen Obliquus superior und inferior macht. Diese beiden erhalten es in seiner Stellung, wenn man den Kopf auf die Seite neigt. Hier aber ist der Obliquus superior gelähmt, und der Obliquus inferior hat das Auge nach sich gezogen. Die äussere Stellung des Auges ist dabei nicht sehr auffallend verändert, aber das Auge steht jetzt fest, es dreht sich nicht mehr um die Axe, um welche die beiden schiefen Augenmuskeln die Augen bewegen. Wenn ich also den Kopf hin- und herbewege, macht es alle Bewegungen des Kopfes mit.

Nervus abducens.

Der letzte Augenmuskelnerv, mit dem wir es zu thun haben, ist der Nervus abducens. Er entspringt aus einem grauen Kerne, der am Boden der Rautengrube zu beiden Seiten der Mittellinie liegt. Er liegt in der Nähe des Facialisursprunges und nach Schröder van der Kolk durchsetzen die Wurzelfasern des Abducens den Kern des Nervus facialis. Sowohl der Kern des Facialis als der des Abducens bestehen aus Ganglienkugeln, die denen der vorderen Hörner der grauen Substanz entsprechen, beide zeigen sich also von vorneherein als motorische Nerven. Dann durchsetzt der Abducens in seinem centralen Verlaufe die Brücke, tritt am hinteren Rande derselben zu Tage, läuft unter ihr nach vorn zum Sinus cavernosus, nimmt höchst wahrscheinlich Fasern vom Trigeminus auf, geht dann, in der Orbita angelangt, nach aussen, um den M. rectus externus zu innerviren. Da, wo der Nervus abducens die Carotis kreuzt, geht er mit dem Sympathicus eine starke Anastomose ein. Diese ist so bedeutend, dass sie die alten Anatomen, die den Sympathicus vom Hirn herleiteten, als den Ursprung desselben ansahen. Jetzt hat man darüber eine ganz andere Ansicht. Wir haben gesehen, dass, wenn man den Sympathicus am Halse durchschneidet, das Auge nach innen schielt. Diese Erscheinung erklärt sich nun, wenn man annimmt, dass ein Theil der Fasern, die aus der Regio ciliospinalis kommen und im Halstheile des Sympathicus aufsteigen, durch die erwähnte Anastomose in den Abducens übergeht und mit ihm zum Rectus externus gelangt. Dieser ist dann von zweierlei Nerven innervirt, erstens vom Abducens, dann von motorischen Fasern, die ihm aus der Regio ciliospinalis des Rückenmarks zukommen. Werden die letzteren mit dem Halstheile des Sympathicus durchschnitten, so hat der Rectus externus einen Theil seiner Innervation verloren, er wird also seinem Antagonisten, dem Rectus internus, gegenüber nachgeben, und die Folge davon wird das Schielen des Auges nach innen sein.

Die Lähmung des Abducens zeigt sich dadurch, dass das Auge nach innen schielt, aber im Uebrigen beweglich ist, so dass das Schielen nicht von einer Contractur des Rectus internus herrühren kann.

Nervus trigeminus.

Der Nervus trigeminus ist ein gemischter Nerv und entspringt mit einer stärkeren sensiblen und einer schwächeren motorischen Wurzel. Die motorische Wurzel entspricht einer vorderen, die sensible einer hinteren Rückenmarkswurzel. Demgemäss nimmt nur die sensible Wurzel an der Bildung des Wurzelganglion dieses Nerven, das Ganglion semilunare Gasseri, Theil. Die motorische Wurzel geht an demselben vorbei, ohne sich an dessen Bildung zu betheiligen. Diese letztere entspringt aus einem Kern, der jederseits unter dem oberen Theile des Bodens des vierten Ventrikels hingestreckt ist, und sich nach aufwärts bis zu der Region erstreckt, in welcher der Ventrikel schon von der Valvula cerebelli überdacht ist. Hier wo sich der Ventrikel verschmälert, liegt der Kern dann nicht sowohl nach unten als vielmehr nach aussen und unten von ihm. Wenn ich hierin

der Angabe von Meynert folge, so kann ich seine und anderer Autoren ausführliche Angaben über die Ursprünge der sensiblen Trigeminuswurzeln nicht in der Ausdehnung wiedergeben, die das Interesse des Gegenstandes an und für sich verdienen würde. Das Gebiet, über welches sich diese Ursprünge zu verbreiten scheinen, ist ein sehr ausgedehntes und das liegt in der Natur der Sache.

Man muss bedenken, dass der Trigeminus, als sensibler Nerv, nicht nur seiner motorischen Portion entspricht, sondern ausserdem den Augenmuskelnerven, die wir bereits kennen gelernt haben, und auch dem Nervus facialis, und einem Theil des Hypoglossus. Man muss sich aber sagen, dass noch Zweifel darüber existiren, wie denn überhaupt die sensiblen Nerven entspringen, und dass, wenn die Ansicht von Gerlach richtig ist, man von keinem Ursprunge eines sensiblen Nerven aus bestimmten Ganglienkugeln sprechen kann, da ja nach ihm die Wurzeln der sensiblen Nerven sich verästeln und sich in ein Netz von feinen Nervenfasern auflösen sollen, die dann mit sehr verschiedenen und auf ein weites, schwer zu begrenzendes Feld ausgebreiteten Ganglienkugeln in Verbindung stehen können.

Wir wollen mit der Physiologie der vorderen Wurzel beginnen. Die motorische Wurzel des Trigeminus versorgt vor Allem die Kaumuskeln, den Temporalis, den Masseter, den Pterygoideus internus, den Pterygoideus externus, aber nicht den Buccinator, obgleich dieser ein Hülfsmuskel beim Kauen ist. Der Buccinator ist insofern ein solcher, als er durch seine Contraction den Theil der Speisen, welcher in die Backentaschen hineingelangt ist, zwischen die Mahlzähne zurückdrängt. Der Buccinator wird vom Nervus facialis innervirt. Ferner gibt die motorische Portion des Trigeminus einen Ast ab, der durch das Ganglion oticum hindurch und zum Musculus mallei internus seu tensor tympani geht. Dann versorgt sie einen Muskel des weichen Gaumens, d. h. einen Muskel, der zwar nicht im weichen Gaumen liegt, aber mit zur Bewegung desselben dient, den Musculus tensor palati mollis. Endlich gibt sie Aeste ab zum Mylohyoideus und versorgt den vorderen Bauch des Digastricus, während der hintere vom Facialis innervirt wird.

Die sensible Portion des Trigeminus versorgt alle Haut- und Schleimhautbedeckungen des Kopfes mit gewissen Ausnahmen. Erstens mit Ausnahme des grössten Theiles des Pharynx, der hinteren Gaumenbögen und des hinteren Theiles der Zunge, wo sich Vagus und Glossopharyngeus verbreiten. Ferner der Tuba Eustachii und der Trommelhöhle, weiter des tiefsten Theiles des äusseren Gehörgangs, der vom Ramus auricularis nervi vagi versorgt wird, und endlich eines Theiles der Ohrmuschel und des Hinterhauptes, wohin Cervicalnerven gehen.

Die übrigen Haut- und Schleimhautbedeckungen des Kopfes werden empfindungslos, wenn der Trigeminus durchschnitten wird. Diese Operation kann man am Kaninchen leicht ausführen. Der erste, der es that, war Fodéra. Er sprengte ein Stück vom Seitentheile des Schädels weg und durchschnitt den Trigeminus gleich an seinem Ursprunge. Später hat Magendie diese Operation vielfältig ausgeführt und ein eigenes Messer dafür erfunden. Das Messer hatte die Form eines kleinen an seiner Schneide vorn spitz zulaufenden Beiles. Auf dem stählernen Stiele desselben befand sich ein Zeichen, bis zu welcher Tiefe das Messer eindringen

musste. Dieses Messer stiess er von der Seite durch den Schädel durch, bis zu dem Zeichen auf dem Stiele, dann drehte er es und machte den Schnitt. Jetzt macht man diese Operation gewöhnlich mit einem Messer, das zu diesem Zwecke von Bernard angegeben wurde, und einem kleinen Dieffenbach'schen Tenotom sehr ähnlich ist. Man umwickelt dasselbe so weit es nicht eindringen soll mit Zwirn, nimmt es dann in die Hand, setzt den Daumen derselben auf den äusserlich fühlbaren knöchernen Theil des äusseren Gehörganges, führt das Messer, indem man nach vorn vom Gehörgange einsticht, horizontal ein, geht auf der Basis des Schädels und auf dem Felsenbeine horizontal nach einwärts, bis man so weit eingedrungen ist, wie es die Bewickelung des Messers gestattet. Dann dreht man das Messer um, so dass die Schneide nach abwärts sieht und indem man jetzt das Heft hebt und die Schneide nach abwärts drückt, zieht man das Messer langsam heraus. Dadurch fasst die Schneide den Trigeminus auf dem Felsenbeine und schneidet ihn daselbst zwischen der Brücke und dem Ganglion semilunare Gasseri durch und zwar ohne anderweitige Verletzung. Das erste Zeichen, dass man den Trigeminus durchschnitten hat, ist ein lauter, gellender Schrei, den das Thier ausstösst. Kaninchen sind bekanntlich nicht sehr empfindlich, man kann allerlei mit ihnen vornehmen, ohne sie zum Schreien zu bringen, aber bei dieser Operation stossen sie stets, falls sie gelungen, einen anhaltenden Schrei aus. Sieht man in diesem Augenblicke die Pupille an, so findet man sie stark verengert, später aber erweitert sie sich wieder. Jetzt handelt es sich darum zu untersuchen, ob man den Trigeminus vollständig durchschnitten hat. Zu diesem Zwecke untersucht man die Lippen an beiden Seiten mit Nadeln. Man wird bemerken, dass sowie man an die Lippenhälfte der gesunden Seite kommt, diese zurückgezogen wird, dass aber mit der Lippenhälfte der gelähmten nicht dasselbe geschieht, sondern dass sie sich, wie todt, mit der Nadel fortschieben lässt. In derselben Weise untersucht man die Hornhaut und den inneren Augenwinkel. Wenn man die Conjunctiva oder die Hornhaut der gesunden Seite mit der Nadel berührt, so tritt sofort Blinzeln ein, auf der kranken Seite ist dies nicht der Fall. Die ganze Gesichtshälfte erweist sich als empfindungslos. Wenn man aber eine Sonde in den äusseren Gehörgang hineinsenkt, so reagirt das Thier zwar anfangs darauf nicht, kommt man aber bis zu einer gewissen Tiefe, so fängt es an den Kopf zu schütteln, zum Zeichen, dass man an die Stelle gekommen, wo sich der Ramus auricularis nervi vagi verbreitet.

Wir haben eben gesehen, dass wenn der Trigeminus in der Schädelhöhle durchschnitten wird, das Thier nicht mehr blinzelt, wenn seine Cornea oder Conjunctiva gereizt wird. Das Blinzeln ist also eine Reflexbewegung, die vom Trigeminus ausgelöst wird. Dadurch ist der Trigeminus gewissermassen als Wächter des Auges hingestellt, indem er Schädlichkeiten von demselben durch den plötzlichen Verschluss der Augenlider, den er hervorruft, fernhält. Auch die schmerzhafte Empfindung des Geblendetseins rührt nicht vom Opticus, sondern vom Trigeminus her, weil die Reizung des Opticus immer nur Lichtempfindung verursachen kann, niemals Schmerz, wie die Reizung eines gewöhnlichen sensiblen Nerven.

Eine zweite Reflexbewegung, welche vom Trigeminus ausgelöst wird, ist das Niesen. Es wird zunächst von der Nasenschleimhaut ausgelöst,

wenn fremde, namentlich staubförmige, reizende Körper in die Nase hineingebracht werden. Das Niesen besteht darin, dass zuerst eine tiefe Inspiration gemacht wird, dass dann die Zunge sich an die coulissenartig von beiden Seiten hervortretenden, hinteren Gaumenbögen legt und so einen Verschluss bildet, der die Respirationswege sowohl gegen die Mundhöhle, als auch gegen die Nasenhöhle abschliesst. Dann folgt eine plötzliche, heftige, krampfhafte Exspirationsbewegung, bei der dieser Verschluss gleichzeitig nach der Mundhöhle und nach der Nasenhöhle durchbrochen wird, und hierin besteht eben das Niesen. Mit dem Umstande, dass gleichzeitig der Verschluss nach Mund und Nasenhöhle durchbrochen wird, hängt es auch zusammen, dass, wenn Jemand beim Essen vom Niesen befallen wird, gelegentlich die Bestandtheile des Bissens nicht allein zum Munde, sondern auch zur Nase hinausgeschleudert werden. Das Niesen wird auch in zweiter Reihe von den Ciliarnerven ausgelöst. Nur so kann man es erklären, dass manche Menschen, wenn sie in die Sonne sehen, oder plötzlich geblendet werden, vom Niesen befallen werden. Der Trigeminus ist aber nicht der einzige Nerv, von dem aus Niesen erregt wird. Es kann keine Reflexbewegung so leicht von so verschiedenen Orten ausgelöst werden, wie das Niesen. Es gibt fast keine Stelle der Körperoberfläche, von der aus bei empfindlichen und zum Niesen disponirten Menschen dasselbe nicht hervorgerufen werden könnte. Manche Menschen niesen bekanntlich, sobald sie sich der Zugluft aussetzen. Ja, ich habe einen Mann gekannt, der niesen musste, wenn er im Winter eine kalte Thürschnalle anfasste, und sogar oft von heftigem, anhaltendem Niesen in Folge davon befallen wurde. Das Niesen hörte auf, wenn man ihm ein Stück trockener Semmel oder Brodrinde gab, die er zerkauen konnte. Das Niesen mag aber als Reflexbewegung von welchem Ort immer ausgelöst werden, stets geht demselben eine Mitempfindung voraus, ein Gefühl von Kriebeln in der Nase, also eine Mitempfindung im Trigeminus. Es wird die Reflexbewegung des Niesens immer als Folge dieser Empfindung in der Nase vorgestellt, während sie thatsächlich dies nicht ist, sondern die Folge eines peripherischen Reizes, der an einem andern Nerven angebracht wurde, und nun später sowohl auf die Trigeminusursprünge, als auch auf die Ursprünge derjenigen motorischen Nerven übergegangen ist, welche das Niesen vermitteln. Nur insofern kann das Kriebeln in der Nase als die Ursache des Niesens angesehen werden, als es nicht unwahrscheinlich ist, dass die Erregung im Centralorgan zunächst auf Theile überging, die mit den Nerven der Nasenschleimhaut direct verbunden sind, wodurch eben das Kriebeln hervorgerufen wurde, und dass sie dann von diesen in gewohnten Bahnen auf das motorische Centrum, welches das Niesen vermittelt, fortgeleitet wurde.

Der Trigeminus löst auch zwei Reflexabsonderungen aus. Erstens die Absonderung des Speichels. Durch Reizung des Ramus lingualis nervi trigemini kann Speichelabsonderung hervorgerufen werden. Es ist bekannt, dass, wenn scharfe Sachen auf die Zunge gebracht werden, Speichelabsonderung erfolgt. Dasselbe geschieht, wenn man Hunden Essig oder eine Lösung von Weinsäure auf die Zunge spritzt. Bernard hat aber auch durch electrische Reizung des centralen Stumpfes des durchschnittenen Nervus lingualis Speichelabsonderung auf reflectorischem Wege hervorgebracht.

Die zweite Absonderung, welche der Trigeminus auslöst, ist die Thränensecretion. Wenn fremde Körper die Nasenschleimhaut reizen oder wenn die Conjunctiva durch mechanische oder chemische Mittel gereizt wird, dann ist die Folge davon, dass Thränenfluss eintritt.

Der Trigeminus gilt auch für den Secretionsnerven der Thränendrüse. In der That gibt er ja den Nervus lacrymalis, den Hauptnerven für die Thränendrüse ab, und man hat auch bei Versuchen an verschiedenen Thieren, Hunden und Schafen, sowohl vom Nervus lacrymalis als vom Subcutaneus malae aus Thränenabsonderung hervorrufen können. Wolferz gibt an, dass er auch einmal durch Reizung der Trigeminuswurzel Thränenabsonderung hervorgerufen habe. Erfolgreiche Reizung des peripherischen Theiles der durchschnittenen Trigeminuswurzel würde allerdings beweisend sein. Andererseits aber muss man gestehen, dass dieser Erfolg a priori schwer verständlich ist. Die Secretionsnerven, die wir sicher kennen, gehen mit motorischen Nerven aus dem Centralorgane heraus. Das passt vollkommen in den Kreis unserer Vorstellungen, da ja diese Nerven, wie die motorischen, Impulse centrifugal leiten. Wie ist es nun hier beim Trigeminus? Wir wissen, dass die ganze motorische Portion desselben mit dem dritten Aste zur Schädelhöhle herausgeht. Es können also keine Fasern, welche mit der motorischen Wurzel hervorgetreten sind, zur Thränendrüse gelangen. Sollte es sich nicht bestätigen, dass man vom peripheren Stücke der durchschnittenen Wurzel des Trigeminus aus Thränenabsonderung erzielen kann, so wäre es nicht unmöglich, dass sowohl die Fasern im Lacrymalis, als die im Subcutaneus malae entliehen sind. In der That ist Reich bei Reizung des peripherischen Stückes der durchschnittenen Trigeminuswurzel nur zu negativen Resultaten gelangt. Seine Versuche sprachen aber auch noch in anderer Hinsicht gegen die Annahme, dass die Secretionsnerven der Thränendrüse aus der Trigeminuswurzel stammen. Wenn man einem Kaninchen flüchtiges Senföl mit wenig Weingeist gemischt in das Nasenloch oder den Conjunctivalsack einer Seite einführt, so bekommt man Thränenerguss auf beiden Seiten. Dies geschah auch noch, nachdem auf der andern Seite der Trigeminus in der Schädelhöhle vollständig durchschnitten worden war, also Fasern, welche in ihm zur Thränendrüse verliefen, nicht mehr vom Centrum aus erregt werden konnten. Der Reflex musste also in andere Bahnen übertragen worden sein. Reich macht es auf dem Wege des Ausschliessens wahrscheinlich, dass die Nerven, welche die Thränensecretion direct einleiten, aus dem verlängerten Marke stammen und auf sympathischen Bahnen in den Trigeminus hinein gelangen.

In Folge der Durchschneidung des Trigeminus treten noch gewisse Erscheinungen auf, welche wir hier betrachten müssen. Zunächst trübt sich nach verhältnissmässig kurzer Zeit die Cornea. Das Auge injicirt sich, es treten alle Erscheinungen einer Augenentzündung auf. Dieselbe wird immer stärker, und wenn ihren weiteren Fortschritten nicht vorgebeugt wird, so geht sie in Panophthalmie über und das Auge geht zu Grunde. Auch die Nasenschleimhaut auf der Seite, wo der Trigeminus durchschnitten wurde, pflegt sich zu röthen. Endlich treten an bestimmten Stellen an der Lippe und dem Zahnfleische neben den Backenzähnen Geschwürsbildungen auf.

Alle diese Erscheinungen hat man ursprünglich als sogenannte neuroparalytische aufgefasst. Man nannte diese Augenentzündung eine neuroparalytische und war überzeugt, dass sie dadurch entstehe, dass trophische Nerven mit dem Trigeminus durchtrennt sind, und dass deshalb, wie man sich ausdrückte, Ernährungsstörungen in den betreffenden Theilen eintraten. Man fand sich in dieser Idee dadurch bestärkt, dass man auch beim Menschen nach Durchschneidung einzelner Aeste des Trigeminus theilweise Nekrotisirungen von Geweben, Exfoliationen von Knochen u. s. w. beobachtet. Der Trigeminus ist bekanntlich der Sitz einer sehr heftigen Neuralgie, des sogenannten Tic douloureux, und man hat mehrfach Aeste desselben durchschnitten, um die Schmerzen der Patienten zu lindern. In Folge solcher Operationen hat man diese Nekrotisirungen beobachtet. Nun ist aber seitdem eine Reihe von solchen Operationen ausgeführt worden, bei denen man nichts davon gesehen, und andererseits haben auch die Erscheinungen, welche an operirten Kaninchen beobachtet wurden, durchweg eine anderweitige Erklärung gefunden.

Zunächst hat Snellen gezeigt, dass die Ophthalmie, welche eintritt, nur von äusseren Schädlichkeiten abhängt, welche jetzt, da die Empfindung und die Reflexbewegung dem Auge mangelt, nicht mehr abgehalten werden. Er verschloss das Auge und fand, dass, wenn er die Augenlider miteinander vereinigte, und das Auge so geschützt hatte, die Augenentzündung langsamer verlief. Aber nichtsdestoweniger trat sie noch ein. Er kam dann darauf, dass er seinen Versuch noch nicht mit allen Cautelen angestellt habe. Die Haut der Augenlider war ja unempfindlich, also wenn auch der Staub vom Innern des Auges abgehalten war, so konnte sich das Thier doch noch mit dem Auge anstossen und reiben, ohne davon schmerzhafte Empfindungen zu haben. Er sagte sich also: Ich muss einen neuen Wächter vor das Auge hinstellen, und diesen fand er in dem Ohre des Kaninchens. Wir haben gesehen, dass zur Aussenfläche des Ohres des Kaninchens Cervicalnerven hingehen, und dass dieses daher seine Empfindlichkeit behält, wenn auch der Trigeminus durchschnitten ist. Er nahm also das Ohr und nähte es über das Auge herüber, und nun trat die Trigeminusophthalmie nicht ein. In ähnlicher Weise hat man derselben dadurch vorgebeugt, dass man einen kleinen Hut auf dem Auge des Kaninchens befestigte, so dass weder Staub in dasselbe eindringen, noch auch das Thier sich anstossen und so das Auge insultiren konnte.

Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass auch die Röthung der Nasenschleimhaut daher rührt, dass Staub und andere fremde Körper, die in die Nase eindringen, keine Reflexbewegung hervorrufen und also nicht sofort ausgestossen werden.

Auch die Geschwürsbildungen an den Lippen, an dem Zahnfleische und am Gaumen rühren von mechanischen Insulten her. Die Kaninchen als Nagethiere nützen bekanntlich ihre Schneidezähne fortwährend ab, und dieselben wachsen allmälig wieder nach. Die Schneide bleibt hiebei gerade gerichtet, so lange das Thier mit seinen Zähnen gerade aufeinander beisst. Wenn aber der Trigeminus durchschnitten ist, so sind die Kaumuskeln, also auch die M. pterygoidei an der einen Seite gelähmt, und in Folge dessen beisst das Kaninchen nicht mehr gerade, sondern schief aufeinander. Seine Zähne beissen sich nun nicht mehr gerade, sondern schief ab.

Dadurch kommt aber an der einen Seite eine Spitze zum Vorschein, und diese stösst an die Lippe an. Die Folge davon ist, dass nach und nach durch das stete Anstossen eine kleine Abschürfung und dann ein Geschwür erzeugt wird, gerade so, wie manchmal bei Menschen durch Ecken von cariösen Zähnen solche Geschwüre an der Zunge hervorgerufen werden. Nun stehen aber auch die Backenzähne nicht gerade aufeinander und deshalb beissen sich auch diese schief ab. Es entstehen hervortretende Spitzen, die an der Innenseite der Backenzähne an das Zahnfleisch, da wo es in den Gaumen übergeht, anstossen und auf mechanischem Wege Geschwürsbildung hervorrufen.

Alle diese Erscheinungen, welche man nach der Durchschneidung des Trigeminus beobachtet hat und die man früher als neuroparalytische auffasste, kann man heutzutage nicht mehr als solche deuten. Man hat früher behauptet, diese Erscheinungen treten sämmtlich nicht ein, wenn man den Trigeminus zwischen Hirn und Ganglion gasseri mit sorgfältiger Schonung des letzteren durchschnitten. Diese Behauptung ist unrichtig: Bernard fand, dass nach solcher Durchschneidung die Augenentzündung schon in vollem Gange war, während sich keine Spur von Degeneration der Nervenfasern auffinden liess.

Eine Angabe von J. Merkel will ich nicht unerwähnt lassen. Er sagt, es sei ihm in einem Falle gelungen, den Trigeminus an der Wurzel so zu durchschneiden, dass eine vom vorderen Vierhügelganglion stammende Fasergruppe, die Meynert zuerst als zum Trigeminus gehörig beschrieb, unverletzt blieb. Hier sei vollständige Anästhesie, aber nur eine vorübergehende trophische Störung entstanden. Er sieht deshalb diese Fasergruppe als die trophische Wurzel des Trigeminus an.

Man hat eine Zeitlang dem Trigeminus einen wesentlichen Einfluss auf die Sinneswahrnehmungen zugeschrieben, man sah ihn gewissermassen als einen Hülfsnerv für die sämmtlichen Sinnesnerven an. Diese Anschauungsweise hat sich aber nicht als haltbar bewiesen.

Was zunächst das Gesicht anbelangt, so besteht dasselbe fort, solange die Cornea noch durchsichtig ist. Es haben sich mehrere namhafte Physiologen durch directe Versuche überzeugt, dass die Thiere noch sehen und, wie es scheint, in normaler Weise sehen, wenn auch der Trigeminus auf beiden Seiten durchschnitten ist. Auch beim Menschen hat man bei Trigeminuslähmung keine Störung der Gesichtsempfindung als solcher beobachtet.

Auch die Angaben über den Verlust des Gehörs bei Trigeminusdurchschneidung haben sich nicht bestätigt. Wenn die Operation in der gehörigen Weise ausgeführt ist, wenn der Nervus acusticus dabei nicht verletzt wurde, so ist auch das Gehör nach wie vor vorhanden.

Ob der Geruch vorhanden ist, lässt sich an Thieren kaum mit solcher Gewissheit entscheiden. Die Versuche, auf Grund derer man eine Mitwirkung des Trigeminus beim Geruche annahm, rechtfertigen diesen Schluss nicht. Es ist hier wiederum mit Substanzen experimentirt worden, die hauptsächlich durch Empfindungen wirken, welche an und für sich durch den Trigeminus vermittelt werden. Es wurden z. B. Aetzammoniak und Essigsäure angewendet. Wenn ein Thier vor einer Ammoniakflasche zurückfährt, so thut es dies zunächst nicht, weil ihm der Geruch desselben unangenehm wäre, sondern, weil ihm Schmerz erzeugt wird.

Wenn also ein Kaninchen, dem der Trigeminus auf beiden Seiten durchschnitten ist, nicht so vor dem Ammoniak zurückscheut, wie ein gesundes, so beweist dies nicht, dass es seinen Geruch verloren hat. An Menschen sind anscheinend ganz vollständige Trigeminuslähmungen beobachtet worden, bei denen der Geruch auch noch auf der kranken Seite vorhanden war.

Es bleibt noch übrig von dem Geschmackssinn zu sprechen. Wir werden später sehen, dass der Hauptgeschmacksnerv der Nervus glossopharyngeus ist, und dass durch ihn nach den Versuchen von Stannius namentlich die Geschmacksempfindung des Bitteren ausschliesslich vermittelt wird. Stannius fand, dass Kätzchen, denen er den Glossopharyngeus auf beiden Seiten durchschnitten hatte, Milch, welche mit schwefelsaurem Chinin bitter gemacht war, ebenso nahmen, wie andere Milch. Nichtsdestoweniger zeigte sich beim Menschen, wenn der Ramus lingualis nervi trigemini auf einer Seite durchschnitten war, vollständiges Aufhören der Geschmacksempfindung auf derselben Seite auf dem vorderen Theile der Zunge. Es ist dabei die Geschmacksempfindung des Bitteren miteingeschlossen.

Ich habe selbst einen solchen Fall gesehen und untersucht. Es war das eine Kranke, die von Professor Weinlechner operirt wurde, wobei es nicht hatte vermieden werden können, mit einer zu exstirpirenden Geschwulst auch ein Stück aus dem Ramus lingualis nervi trigemini auszuschneiden. Der hintere Theil der Zunge konnte wegen Verengerung der Mundspalte nicht mit Sicherheit untersucht werden. Auf dem vorderen Theile derselben zeigte sich die kranke Seite vollständig ohne Geschmacksempfindung. Die Kranke sprach sich auch sehr bestimmt darüber aus. Wenn man ihr schwefelsaures Chinin auf die gesunde Seite einpinselte, so nahm sie es sofort wahr. That man dasselbe auf der kranken Seite, so bemerkte sie davon nichts. Gab man ihr aber Wasser, sich den Mund auszuspülen, so schmeckte sie deutlich, wie sich das Chinin im Munde verbreitete. Sie gab auch an, dass sie beim Essen wahrnehme, dass sie nur auf einer Seite der Zunge schmecke.

Es würde unrichtig sein, hieraus zu schliessen, dass die Geschmacksempfindung des Bitteren durch Fasern vermittelt werde, welche aus dem Trigeminus stammen. Es ist ja sehr möglich, dass dies Fasern sind, welche aus dem Glossopharyngeus stammen, aus diesem in die Jakobson'sche Anastomose, von da in den Nervus petrosus superficialis minor, und endlich durch das Ganglion oticum in den Lingualis übergegangen sind. Dieser Ansicht muss man sich auch in der That zuwenden, nachdem in neuerer Zeit von Lussana, Vicioli und Althaus drei Fälle von vollständiger, einseitiger Trigeminuslähmung publicirt worden sind, bei denen die Geschmacksempfindung gar nicht alterirt war. Lussana spricht deshalb dem Trigeminus jeden Einfluss auf die Geschmacksempfindung ab. Hiezu muss indessen bemerkt werden, dass darüber nicht alle gleich urtheilen, welche Gelegenheit hatten, vollständige, einseitige Trigeminuslähmungen zu beobachten. So entsinne ich mich aus mündlichen Mittheilungen von Professor Türk, dass ein Kranker auf seiner Abtheilung süsse und saure Substanzen auf der Seite, auf welcher er eine vollständige Trigeminuslähmung hatte, weniger schmeckte, als auf der gesunden.

Die Sache steht also bis jetzt so, dass man wohl sagen kann, dass die Empfindung des Bitteren ausschliesslich vom N. glossopharyngeus

vermittelt werde, man aber nicht dasselbe von allen übrigen Geschmacksempfindungen aussagen darf. Wir werden später sehen, dass wahrscheinlich die verschiedenen Geschmacksempfindungen durch verschiedene Arten von Nervenfasern vermittelt werden, dass also auch möglicher Weise nicht alle diese verschiedenen Nervenfasern in einer Wurzel zu Tage treten. In Rücksicht auf die Geschmacksempfindung des Süssen und Sauren sind, wie gesagt, die Beobachtungen nicht miteinander in Einklang. Man muss bei der Empfindung des Sauren bemerken, dass diese vielleicht keine reine Geschmacksempfindung sei, sondern dass auch Gefühlsnerven mit an der Sensation des Sauren, wenigstens, wenn dieselbe stärker ist, Theil haben können. Hieran schliesst sich die Bemerkung, dass Kranke, welche die Geschmacksempfindung durch Verletzung des Lingualis verloren haben, präcis und unaufgefordert angeben, dass sie auf der einen Hälfte der Zunge nicht schmecken, während bei Geschmackslähmungen, bei denen die Sensibilität der Zunge vollständig erhalten ist, das nicht schmeckende Gebiet erst durch Versuche in seiner Ausdehnung ermittelt und begrenzt werden muss. Manchmal weiss der Kranke gar nichts von seiner theilweisen Geschmackslähmung, dieselbe wird erst durch die ärztliche Untersuchung ermittelt.

Die Trigeminuslähmung beim Menschen ist äusserlich nicht durch auffallende Erscheinungen charakterisirt. Im Zustande der Ruhe fällt die Lähmung der Kaumuskeln an der einen Seite nicht auf, indem der Mensch noch gerade auf einander beisst. Man kann sich aber von der Lähmung derselben überzeugen, wenn man die Finger auf die beiden Schläfenmuskeln oder auf die beiden Masseteren setzt und nun den Kranken zusammenbeissen lässt. Dann fühlt man deutlich, wie auf der gesunden Seite die Muskeln sich contrahiren, und wie sie dies auf der gelähmten Seite nicht thun. Gibt man dem Kranken etwas zu kauen, so zeigt sich die Lähmung deutlich an der ungleichmässigen Bewegung der Kiefer. Da das Kauen auf der gesunden Seite stattfindet, so wälzt der Kranke mit der Zunge die Theile des Bissens, die auf die andere Seite gerathen sind, nach der gesunden zurück. Ferner zeigt sich im Gebiete des Trigeminus Empfindungslosigkeit. Man kann förmlich an ihr die Ausbreitung der Lähmung auf Haut- und Schleimhautoberfläche abtasten und so ermitteln, ob alle Aeste gelähmt sind oder nur einer oder zwei. Dabei zeigt sich auch der Mangel der Reflexbewegungen, den wir bereits besprochen haben.

Nervus facialis seu communicans faciei.

Der Nervus facialis entspringt unter dem Boden des vierten Ventrikels. Von den Ganglienzellen, aus denen er seinen Ursprung nimmt, gehören die oberen dem Facialis-Abducens-Kern von Stilling an, aus dem auch der Nervus abducens seinen Ursprung nimmt. Die unteren bilden den sogenannten unteren Facialiskern zu beiden Seiten der Mittellinie. Da der Nerv, nachdem er zu Tage getreten ist, sich hart an den Nervus acusticus anlagert und mit diesem in den Meatus auditorius internus eintritt, so sahen die alten Anatomen den Facialis und Acusticus als ein Nervenpaar an, das sie in eine Portio dura, den jetzigen Facialis, und eine Portio mollis, den jetzigen Acusticus eintheilten. Zwischen beiden unterschied später Wrisberg noch ein mittleres Bündel, welches dem

Facialis beitritt und mit dem Namen der Portio intermedia Wrisbergii bezeichnet wird. Die Function dieses mittleren Bündels kennen wir nicht, wir wissen nicht mit Sicherheit, welche von den Facialisfunctionen demselben zuzuschreiben sind.

Der Facialis führt in seinem Verlaufe zahlreiche sensible Fasern, welche er grösstentheils dem Trigeminus, zum Theil auch dem Vagus entlehnt hat. Wenn man den Trigeminus in der Schädelhöhle durchschnitten hat, so wird der Stamm des Facialis bei seinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum noch nicht ganz unempfindlich gefunden. Schon Longet leitete diesen Rest von Empfindlichkeit vom Vagus her, und zu demselben Resultate ist später auch Bernard durch seine Versuche gelangt.

Der Facialis versorgt die sämmtlichen Muskeln, welche dem mimischen Ausdrucke des Gesichtes vorstehen, mit Einschluss des Buccinator. Ausserdem gibt er einen Ast zum Stylohyoideus und versorgt den hinteren Bauch des Digastricus. Dann gibt er hoch oben schon einen kleinen Ast ab, welcher zum M. stapedius geht. Die beiden Muskeln des inneren Ohres werden also von verschiedenen Nerven versorgt. Der M. mallei internus von der motorischen Portion des Trigeminus, der M. stapedius vom Facialis. Ferner gibt er Aeste ab zu den Muskeln des äusseren Ohres zum M. occipitalis und dem Platysma myoides, wohin übrigens auch Cervicalnerven gehen, endlich zu den Muskeln des Gaumensegels. Auch zur Zunge sendet der Facialis, wie die Untersuchungen von Bernard und von Vulpian ergeben haben, motorische Fasern und zwar auf dem Wege der Chorda tympani. Zu den Muskeln des Gaumensegels gelangt er in der Bahn des Nervus petrosus superficialis major, der vom Genu nervi facialis kommt, den Vidischen Nerven bilden hilft, und als Bestandtheil desselben in das Ganglion sphenopalatinum übergeht. Durch dieses begeben sich die Facialisfasern nach abwärts in das Gaumensegel. Man weiss nicht mit Sicherheit, welche Muskeln des Gaumensegels von ihnen versorgt werden. Zunächst, wie es scheint, der Levator palati mollis und der Azygos uvulae. Es ist schwer, den Verbreitungsbezirk des Facialis in den Muskeln des Gaumensegels mit Bestimmtheit zu begrenzen, weil die letzteren auch von anderen Quellen Nervenfasern erhalten. Nach Schlemm und Wolfert gibt der Glossopharyngeus den Ramus petrosalpingostaphylinus an den Levator palati mollis, und Sanders fand bei Facialislähmung den Levator palati mollis nur unvollkommen gelähmt, den M. palatoglossus und M. palatopharyngeus gar nicht, obgleich auf der kranken Seite Taubheit eingetreten war, so dass er auf eine hoch oben liegende Lähmungsursache schloss.

Der N. facialis ist ferner der Secretionsnerv der Speicheldrüsen. Bekanntlich entdeckten Ludwig und Rahn, dass die Speicheldrüsen nur dann secerniren, wenn ihre Nerven erregt werden. Sie beobachteten dies zunächst an der Glandula submaxillaris. Der Weg, den die Facialisfasern dahin nehmen, wurde später näher bestimmt als der Weg der Chorda tympani. Diese geht vom Facialis ab, macht ihren Weg durch die Trommelhöhle, legt sich an den N. lingualis an, geht von demselben wieder ab, um in das Ganglion submaxillare seu linguale Meckelii einzutreten, und von diesem gehen die Nerven in die Glandula submaxillaris hinein. Als Bernard die Chorda in der Trommelhöhle durchschnitten

hatte, konnte er auf reflectorischem Wege die Secretion dieser Speicheldrüse nicht mehr anregen, er konnte sie aber noch anregen wenn er die Chorda oder den Lingualis, da wo er mit derselben vereinigt ist, reizte.

Ausserdem gehen aber auch Fäden des Sympathicus vom carotischen Geflechte zum Ganglion maxillare, und in der That gehen auch Sympathicusfasern in die Drüse hinein, so dass man auch vom Sympathicus aus Speichelabsonderung erregen kann. Ludwig fand schon, dass der Facialis nicht der einzige Nerv sei, von welchem aus Speichelsecretion hervorgerufen werden kann. Er fand, dass dies auch durch Reizung des Sympathicus geschähe, aber in viel geringerem Grade, als durch Reizung des Facialis. Da beobachtete Czermak, dass, wenn man Speichelabsonderung durch Reizung des Facialis hervorruft und dann den Sympathicus reizt, die Secretion nun abnimmt. Sie wird nicht ganz aufgehoben, sie wird aber viel geringer, als vor der Reizung des Sympathicus. Man kann sich dies so erklären, dass durch den Sympathicus der Drüse zweierlei Fasern zugehen, erstens solche, welche die Secretion erregen und zweitens solche, welche die Gefässe verengern. Wir wissen ja, dass im Sympathicus die vasomotorischen Nerven für das Carotidensystem verlaufen. Nun hat Bernard früher gezeigt, dass während der Facialis oder die Chorda gereizt wird, und die Drüse secernirt, aus der durchschnittenen Vene das Blut reichlicher und weniger dunkelroth herausfliesst, dass es dagegen viel spärlicher und viel dunkler venös gefärbt aus der Vene der nicht secernirenden Drüse abtröpfelt. Es ist also klar, dass bei der durch den Facialis angeregten Secretion das Blut reichlicher durch die Gefässe der Drüse hindurchfliesst und zwar mit einer gewissen Geschwindigkeit, was sich darin zeigt, dass das Blut so unvollständig desoxydirt wurde. Wenn nun durch die Reizung des Sympathicus die Gefässe sich zusammenziehen, so wird dadurch die Blutzufuhr zur Drüse vermindert und daher die Secretion, die durch den Facialis eingeleitet wurde, beeinträchtigt. Schwieriger ist es zu erklären, dass, wie angegeben wird, durch Reizung des Sympathicus bei gleichzeitiger Reizung der Chorda oder des Facialis die Secretion unter dasjenige Maass herabgedrückt werden kann, welches durch Reizung des Sympathicus allein erreicht wird.

Eckhard und später Grützner fanden, dass auch durch Reizung der Medulla oblongata Speichelsecretion hervorgebracht werden kann, so lange die Chorda erhalten ist stärkere, nach ihrer Durchschneidung schwächere. Ist auch noch der Sympathicus durchschnitten, so erhält man gar keine Secretion mehr. Es können hiernach nicht nur die durch den Facialis gehenden, sondern auch die durch den Sympathicus gehenden Secretionsnerven der Glandula submaxillaris von der Medulla oblongata aus erregt werden.

Der Facialis ist aber nicht blos der Secretionsnerv für die Submaxillaris, sondern auch für die Parotis. Er sendet ihr gleichfalls seine Fasern auf Umwegen und zwar nach den Untersuchungen, welche in neuerer Zeit in Heidenhain's Laboratorium von Nawrocki angestellt worden sind, durch den N. petrosus superficialis minor in das Ganglion oticum und von da in den N. auriculotemporalis, von wo aus sie zur Parotis verlaufen. Daraus erklärt es sich, dass Bernard den Facialis da, wo er aus dem Foramen stylomastoideum heraustritt, durchschneiden konnte, ohne dass die Speichelsecretion aufgehoben wurde.

Wir haben gesehen, dass schon Bernard wahrnahm, wie bei Reizung der Chorda tympani das Blut aus der durchschnittenen Vene der Glandula submaxillaris reichlicher und heller roth floss. Vulpian hat später gefunden, dass sich zugleich die ganze Zungenhälfte derselben Seite reichlicher mit Blut anfüllt und dabei die Vena ranina, wenn sie angeschnitten wird, dieselbe Erscheinung zeigt, wie die Vene der Glandula submaxillaris. Die Gefässe erweitern sich also, wenn die Chorda gereizt wird. Da es keine Muskelfasern gibt, welche die Gefässe erweitern können, so bleibt uns nur übrig anzunehmen, dass gewisse Chordafasern den vasomotorischen Nerven gegenüber hemmend wirken und so den Tonus, das heisst den gewöhnlichen Contractionsgrad der Gefässmuskeln, temporär herabsetzen. Wahrscheinlich gibt es dergleichen Gefässhemmungsnerven für viele andere Gefässe, vielleicht für alle; aber es bietet sich nicht leicht anderswo eine solche Gelegenheit, ihre Existenz direct zu erweisen, wie hier, wo sie gereizt werden können, ohne dass die vasomotorischen, die verengernden Nerven mitgereizt werden.

Die Lähmung des N. facialis zeigt sich in sehr auffallenden Erscheinungen. Zunächst ist es klar, dass die Muskeln, welche den mimischen Gesichtsausdruck vermitteln, auf der kranken Seite gelähmt sind. Die Folge davon ist, dass an der gelähmten Seite die Stirne glätter erscheint, dass der Nasenflügel daselbst abgeflacht, dass die Mundspalte um etwas nach der andern Seite herübergezogen ist. Diese Erscheinungen werden viel auffälliger, wenn der Kranke zu sprechen oder zu lachen anfängt, indem sich dann die Muskeln der gesunden Seite activ zusammenziehen und so die Mundspalte nach der gesunden Seite herüberzerren. Das Auge kann nicht geschlossen werden, weil der M. orbicularis palpebrarum seinen Dienst versagt. Es ist dies der sogenannte Lagophthalmus paralyticus. Der Kranke kann also auch nicht sein Auge durch Blinzeln abwischen. Er muss durch Contraction des M. rectus superior das Auge nach aufwärts rollen, um es unter das obere Augenlid zu bringen. Schiefstellung des Gaumensegels, namentlich der Uvula, ist in einigen, aber nicht in allen Fällen beobachtet worden. Es ist dies begreiflich, weil die meisten Facialislähmungen ihren Grund haben in einer Compression, welche der Nerv irgendwo während seines langen Verlaufes durch den Canalis Fallopiae erleidet, die Nerven für das Gaumensegel aber schon vom Genu nervi facialis abgehen. Es sind überhaupt die Angaben über Schiefstellung der Uvula in jedem einzelnen Falle mit Vorsicht aufzunehmen. Die Einen geben an, die Uvula sei nach der kranken, die andern sie sei nach der gesunden Seite abgelenkt gewesen. Es ist möglich, dass dies wirklich in verschiedenen Innervationsstörungen seinen Grund hat. Es ist aber auch möglich, dass bei einem Theile der betroffenen Individuen die Uvula von vorne herein schief gestanden hatte. Untersucht man den Rachen bei verschiedenen Personen, so wird man viele finden, bei denen die Uvula nicht in der Mittellinie steht, sondern nach der einen oder anderen Seite geneigt ist. Die Schlingbeschwerden, die etwa durch Lähmung des Gaumensegels hervorgerufen werden konnten, sind entweder gar nicht vorhanden gewesen oder waren von keiner besonderen Bedeutung.

Eine sehr merkwürdige Complication mancher Facialislähmungen ist theilweise Geschmackslähmung. Man kennt sie bis jetzt nur an solchen Fällen, in denen der Facialis comprimirt war in einer Höhe, in der

er die Chorda tympani noch nicht abgegeben hatte. Wir werden von ihr noch beim Nervus glossopharyngeus sprechen.

Auch Gehörsstörungen sind beobachtet worden. Bei Einigen heisst es, die Kranken hätten auf der gelähmten Seite schlechter gehört oder seien taub gewesen, was auf Compression des Acusticus zu beziehen ist. In andern Fällen soll aber die sogenannte Hyperacusis Willisiana beobachtet worden sein, das heisst eine eigenthümliche, schmerzhafte Empfindlichkeit gegen stärkere Geräusche, was vom Schlottern des Steigbügels im ovalen Fenster abgeleitet wird. Es muss aber bemerkt werden, dass dies nur selten beobachtet wurde, was vielleicht damit zusammenhängt, dass der N. stapedius verhältnissmässig hoch oben vom Facialis abgeht.

Die Lähmung des Facialis ist wegen des Verlaufes des Nerven durch einen langen engen Knochencanal bei weitem die häufigste von allen Hirnnervenlähmungen. Da sie schon durch blosse Schwellung der Beinhaut in demselben zu Stande kommt, so ist die Prognose im Allgemeinen eine günstigere und gibt nicht zu den düsteren Rückschlüsssen Veranlassung, zu welchen die Lähmungen anderer Hirnnerven zumeist auffordern. Wenn indessen die Lähmung des Facialis eine bleibende ist, dann ist sie keineswegs ein so unbedeutendes Uebel. Abgesehen von der Entstellung, die sie mit sich bringt, und die sich im Laufe der Zeit noch vermehrt, indem die gelähmten Theile durch den Zug der Schwere immer mehr schlaff und hängend werden, kann sie mit der Zeit das Auge benachtheiligen, weil es nicht in seiner gewöhnlichen Weise durch das obere Augenlid geschützt ist. Namentlich ist Thränenträufeln und Neigung zu Entzündungen der Bindehaut als häufige Folgeerscheinung beobachtet worden. Auch der mangelhafte Lippenverschluss und in Folge davon leichtes Verschütten von Getränk ist den Betroffenen oft sehr lästig.

In der Jugend erworbene und bleibende Facialislähmung zieht noch andere Folgen nach sich.

Ich habe im April des Jahres 1872 zwei Kaninchen, die bis auf etwas mehr als die Hälfte ihrer späteren Länge erwachsen waren, den Facialis auf einer Seite ausgerissen und habe sie dann aufwachsen lassen. Im Laufe des Winters sind sie von Herrn Schauta untersucht worden, und zwar erst lebend, dann todt, um die Veränderungen zu constatiren, die am Kopfe derselben zu beobachten waren. Es zeigte sich zunächst an diesen Thieren eine auffallende Veränderung des Gesichtes. Die Mundspalte war nicht nach der gesunden Seite verzogen, wie dies bei Menschen mit Facialislähmungen der Fall ist, sondern es war die Mundspalte und die ganze Schnauze nach der gelähmten Seite hingerückt. Auch die Vorderzähne sowohl im Oberkiefer als im Unterkiefer standen schief. Als die Thiere behufs der Untersuchung mit dem electrischen Strome rasirt worden waren, fanden sich auf der kranken Seite Falten, welche senkrecht standen auf einer Linie, die man sich vom Auge zum Mundwinkel gezogen denkt. Die Haut war also nicht zu kurz, es musste etwas unter der Haut liegen, was das Maul herüberzog. Bei der Untersuchung mit dem electrischen Strome zeigte sich die gelähmte Seite im hohen Grade unterempfindlich gegen Inductionsströme, dagegen zeigte sie sich im mässigen Grade überempfindlich gegen das Schliessen und Oeffnen eines constanten Stromes. Es stimmt dies ganz mit den Beobachtungen überein, welche zuerst Beierlacher und dann Benedict Schulz über ältere Facialis-

lähmungen am Menschen veröffentlicht haben. Wir wissen jetzt, dass es davon herrührt, dass die nervenlosen Muskeln zwar durch electrische Ströme erregt werden, dass sie aber durch so kurzdauernde electrische Ströme, wie die Inductionsströme, viel schwerer erregt werden als die Nerven und also auch als solche Muskeln, deren Nerven noch erregbar sind. Nachdem diese Untersuchungen am lebenden Kaninchen beendet waren, wurden die Thiere getödtet und zunächst die Muskeln untersucht. Bei dem einen Kaninchen war der Querschnitt der Muskeln auf der kranken Seite nicht wesentlich verschieden von dem der Muskeln der gesunden Seite, und es zeigten sich auch keine Erscheinungen von Atrophie oder Entartung an denselben. Anders verhielt es sich mit dem andern Kaninchen, das zwei Monate länger nach der Operation gelebt hatte. Bei diesem waren die Muskeln der gelähmten Seite dünn und atrophisch, und es zeigte sich auch in der mikroskopischen Structur die regressive Metamorphose deutlich ausgeprägt. Es hatte also hier die Ernährung der Muskeln die Integrität der Nerven sehr lange Zeit überdauert. Die Nerven degeneriren bei warmblütigen Thieren und beim Menschen im Laufe der ersten oder am Anfange der zweiten Woche, wenn sie so excidirt wurden, dass sie sich nicht wieder mit den Stämmen, von denen sie getrennt wurden, vereinigen können.

Die Speicheldrüsen waren auf der gelähmten Seite kleiner und leichter als auf der andern, so dass demnach ihre Entwickelung unter der frühzeitigen Zerstörung ihres Hauptsecretionsnerven gelitten hatte.

Das Auffallendste und Räthselhafteste war eine Veränderung in dem Knochenbaue des ganzen Schädels. Es war der Schädel gewissermassen nach der gelähmten Seite gekrümmt, das heisst, wenn man sich die Mittelebene durch den Schädel gelegt denkt, so war diese bei den operirten Thieren keine Ebene, sondern eine Fläche, welche nach der gesunden Seite convex, nach der kranken concav war. Diese Veränderung war an beiden Schädeln wahrnehmbar und zwar sowohl am Ober-, als am Unterkiefer. An dem einen Schädel war sie auffallender als an dem andern.

Nervus glossopharyngeus.

Der Kern dieses Nerven liegt vor dem des Vagus, das heisst, wenn man vom Rückenmarke gegen das Hirn rechnet, nach aufwärts vom Vaguskerne, so dass er eine Fortsetzung desselben genannt werden kann. Er liegt nicht so oberflächlich wie dieser, sondern etwas tiefer. Von den zu Tage tretenden Wurzelfasern des N. glossopharyngeus bildet ein Theil ein kleines Ganglion, während der andere Theil der Fasern an diesem Ganglion vorübergeht und sich daran nicht betheiligt. Dieses kleine, stecknadelkopfgrosse Ganglion ist von Ehrenritter entdeckt worden. Es gerieth dann in Vergessenheit und wurde später von Johannes Müller wieder gefunden. Es führt den Namen des Ehrenritter-Müller'schen Ganglions. Dann bildet der Glossopharyngeus in der Fossula petrosa das Ganglion petrosum seu Anderschii.

In Rücksicht auf diese Ursprungsweise hat sich ein Streit darüber erhoben, ob der Glossopharyngeus ein gemischter Nerv sei, d. h. gemischt aus centripetal- und centrifugalleitenden Bahnen, oder ob er ausschliesslich aus centripetalleitenden Bahnen bestünde. Die letztere Ansicht war die

herrschende, als Johannes Müller dafür eintrat, dass der Glossopharyngeus ein gemischter Nerv sei. Er berief sich wesentlich darauf, dass das von ihm wiederentdeckte Ganglion das eigentliche Wurzelganglion des Nerven sei, und dass es nur einen Theil der Fasern umfasst, während die andern an demselben vorbeigehen. Longet erklärte sich später wieder für die alte Ansicht und berief sich darauf, dass alle Fasern des N. glossopharyngeus aus der Verlängerung des Sulcus collateralis posterior austreten und dass er ja auch ein zweites Ganglion bilde, und wenn ein Theil der Fasern sich wirklich nicht an einem Ganglion betheilige, so könne dies daher rühren, dass der N. glossopharyngeus gemischt sei, aber nicht aus einem sensiblen und einem motorischen, sondern aus einem Tastnerven und einem Geschmacksnerven. Es sei ja nicht sicher, dass die Geschmacksnerven sich, wie die hinteren Rückenmarkswurzeln, an der Bildung eines Wurzelganglions betheiligen.

Bis dahin hatte man nur immer die Reizversuche am Halstheile des Glossopharyngeus vorgenommen. Es konnte also ungewiss sein, ob die Muskelcontractionen, die man hier erzielt hatte, wirklich von den Fasern des letzteren herrühren oder nicht. Jetzt muss man, wenn man nicht geradezu die Angaben guter und gewissenhafter Beobachter leugnen will, zugeben, dass die Ansicht von Johannes Müller die richtige ist, indem angegeben wird, dass auf Reizung der Wurzel Contractionen im M. stylopharyngeus, im Constrictor pharyngis medius, im Levator palati mollis und im Azygos uvulae erzielt worden seien. Wir sehen hier also eine zweite Quelle für die motorische Innervation des weichen Gaumens, die erste haben wir im N. facialis kennen gelernt.

Im Uebrigen ist der N. glossopharyngeus wenigstens in Rücksicht auf seinen Zungenast vor Allem Geschmacksnerv. Er verbreitet sich vorwiegend im hinteren Drittheile der Zunge, und versieht die Papillae circumvallatae. Er gibt aber auch einen von Hirschfeld entdeckten Ast ab, der in der Zunge fortläuft und bis an den vordersten Theil derselben gelangt. Wir haben ferner gesehen, dass auch der Ramus lingualis N. trigemini wahrscheinlich der Zunge Glossopharyngeusfasern zuführt. Der Glossopharyngeus wird von Vielen für den ausschliesslichen Geschmacksnerven gehalten. In Rücksicht auf die Geschmacksempfindung des Bitteren ist hierüber auch kaum Zweifel vorhanden. Nicht ganz so steht es, wie bereits erwähnt wurde, in Rücksicht auf die Empfindung des Süssen und Sauren, indem nach einigen Beobachtern Individuen, bei denen der Trigeminus, nicht aber der Glossopharyngeus gelähmt war, süsse und saure Substanzen auf der gelähmten Seite schwächer schmeckten, als auf der gesunden. Ferner erzählt Bernard von einem Falle von Facialislähmung, in dem Citronensäure, die man auf die gesunde Seite einstrich, schneller als auf der kranken Seite gespürt wurde. Bernard leitet dies von der Lähmung der Chorda tympani ab, und er will beobachtet haben, dass, wenn er Hunden die Chorda tympani in der Trommelhöhle zerstört hatte, sie auf die kranke Seite gebrachte Weinsäure weniger rasch bemerkten, als auf der gesunden Seite. Auch von Duchenne und von Romberg sind Fälle beschrieben worden, welche für eine Betheiligung der Chorda an den Geschmacksempfindungen sprechen. Wenn dergleichen Geschmacksfasern in der Chorda tympani verlaufen und durch diese zur Zunge gelangen, so muss doch ihr Ursprung noch als unbekannt

bezeichnet werden. Keinesfalls kann derselbe in der Facialiswurzel gesucht werden, mit grösserer Wahrscheinlichkeit in der des Glossopharyngeus.

Man kann kaum zweifeln, dass der N. glossopharyngeus auch ein Empfindungsnerv sei, einerseits in Rücksicht auf die Aeste, welche zur Wurzel der Zunge gehen, namentlich aber in Rücksicht auf seinen Schlundtheil. Dieser verflicht sich so mit den Aesten des Vagus, dass es schwer ist, die Functionen beider Nerven hier von einander zu trennen. Wir werden die Reflexbewegungen, die hier ausgelöst werden, nicht beim Glossopharyngeus, sondern beim Vagus abhandeln, obgleich es sich nicht mit Sicherheit sagen lässt, ob sie diesem ausschliesslich zugehören. Der Glossopharyngeus gilt ferner auch für den Hauptempfindungsnerven der Tuba Eustachii und der Trommelhöhle.

Nach Vulpian führt Reizung des N. glossopharyngeus Blutüberfüllung des hinteren Theiles der Zunge herbei. Er schreibt ihm deshalb vasodilatatorische Fasern für die hier verlaufenden Gefässe zu, das heisst solche, welche den Zusammenziehungsgrad ihrer Muskeln herabsetzen.

Nervus vagus und Nervus accessorius Willisii.

Wir müssen diese Nerven im Zusammenhange betrachten, weil ein Theil des Accessorius in seinem Verlaufe so mit dem Vagus verbunden ist, dass wir ihre Functionen nicht überall von einander trennen können. Ueber den Ursprung des Vagus in der Medulla oblongata haben wir bereits gesprochen. Der N. accessorius entspringt theils aus dem verlängerten Marke, theils aus dem Rückenmarke und zwar ganz abweichend von allen übrigen Nerven, indem er weder wie die hinteren Wurzeln, noch wie die vorderen zu Tage tritt, sondern zwischen den hinteren und vorderen Wurzeln der Spinalnerven. Seine Fasern, die im Rückenmarke zerstreut in den Seitensträngen verlaufen, sammeln sich gegen die Oberfläche der letzteren und treten hier zu Tage. Der centrale Verlauf dieser Fasern ist schief nach abwärts gerichtet, wie dies schon der äusserliche Verlauf der Accessoriuswurzeln andeutet, namentlich des Theiles, der seinen Ursprung aus dem Rückenmarke nimmt. Ja, man ist sogar der Meinung, dass die letzten Accessoriuswurzeln ihren Ursprung tief unten im Brusttheile des Rückenmarkes haben.

Der Accessorius charakterisirt sich als ein motorischer Nerv. Man hat die Wurzeln desselben zwar auch empfindlich gefunden, aber Bernard, der übrigens diese Sensibilität bestätigt, hält sie für eine recurrirende und leitet sie von Fasern sensibler Rückenmarksnerven ab, die sich an die Wurzeln des Accessorius anlegen. Der Accessorius theilt sich in einen vorderen oder inneren und in einen hinteren oder äusseren Ast. Letzterer durchbohrt den Sternocleidomastoideus, gibt ihm Aeste und verzweigt sich dann im Cucullaris. Der vordere innere Ast tritt in die Scheide des N. vagus. Wir müssen deshalb seine motorischen Eigenschaften im Zusammenhange mit denen des Vagus betrachten.

Die erste Frage, die sich uns aufdrängt, ist die, ob der Vagus in seiner Wurzel motorische Fasern führt, ob er nicht ein rein sensibler Nerv ist. Nach der älteren Ansicht, die von Bischoff und Longet vertreten wird, wäre dies der Fall, und der Accessorius wäre die motorische

Portion des Vagus. In neuerer Zeit ist man aber zu anderen Resultaten gekommen, indem man durch Reizung des Vagus an der Wurzel desselben Muskelzusammenziehungen erhalten hat und zwar im Constrictor pharyngis superior, medius und inferior, endlich auch im Oesophagus bis auf den Magen hinab, ferner im Levator palati mollis, im Palatopharyngeus und Azygos uvulae. Es muss bemerkt werden, dass zweien dieser Muskeln des weichen Gaumens auch Nerven vom Facialis und vom Glossopharyngeus zugeschrieben werden.

Es liegt uns nun ob, die motorische Wirkung des N. vagus und des N. accessorius soviel als möglich von einander zu sondern. Zunächst also, wie verhält es sich mit den Bewegungen im Schlunde und im Oesophagus? Wenn einem Thiere die beiden N. vagi am Halse durchschnitten sind, so füllt sich sein Oesophagus vollständig mit Speisen an, indem es ihm unmöglich ist, dieselben in den Magen hinabzubringen. Man kann darüber einen sehr lehrreichen Versuch anstellen. Man füttert ein Kaninchen längere Zeit mit einem und demselben Futter, so dass sich im Magen kein anderes Futter, als dieses befindet. Hierauf, nachdem die Vagi durchschnitten worden sind, gibt man ihm ein anderes und zwar ein leicht kenntliches Futter, z. B. blauen Kohl oder gelbe Rüben. Dem Thiere fällt dabei häufig, weil ihm die Reflexe fehlen, ein Theil des Futters in die Respirationswege und es geht suffocatorisch zu Grunde. Geschieht dies nicht, so tödtet man es und findet dann den Oesophagus bis zur Cardia hin mit dem neuen Futter angefüllt, dagegen im Magen nicht die geringste Quantität desselben. Bei Vögeln kann man sehr gut von einer Wunde aus, die man im Nacken macht, die beiden Vagi durchschneiden. Hat man dies gethan, so frisst das Thier, wie gewöhnlich, aber es füllt sich nur den Kropf an, in den Magen gelangt gar nichts. Man könnte glauben, dies hänge damit zusammen, dass die Reflexe fehlen, die beim Schlingen nöthig sind, während die eigentlichen Bewegungen, als solche, vom Accessorius vermittelt würden. Das ist aber nach Bernard's Versuchen nicht der Fall. Wenn die Muskeln des Oesophagus vom Accessorius innervirt würden, so müsste auch das Schlingen unmöglich werden, wenn der Accessorius auf beiden Seiten ausgerissen wird. Bernard hat ihn aber auf beiden Seiten ausgerissen und die Thiere waren nichtsdestoweniger im Stande, aus der Mundhöhle bis in den Magen hinab zu schlingen. Man muss also demnach sagen, dass zwar der Accessorius auch Muskeln innervirt, die beim Schlingen thätig sind — denn es ist Beschwerlichkeit im Schlingen, auch am Menschen, bei Accessoriuslähmung beobachtet — dass aber der Oesophagus vom N. vagus innervirt wird, so dass die Beendigung des Schlingactes wesentlich durch motorische Wirkung des N. vagus erfolgt. Das Ablaufen der Contraction über den Oesophagus erfolgt dabei nicht durch Fortpflanzung der Erregung in der Musculatur als solcher und auch nicht durch ein in der Wand des Oesophagus liegendes Gangliensystem; es erfolgt durch eine Reihe von Reflexen, die in typischer Folge im Centralorgane ausgelöst werden, denn einerseits werden durch theilweise Durchschneidung der Nerven, welche zum Oesophagus treten, entsprechende Abschnitte desselben gelähmt, andererseits hat Mossa den Oesophagus ganz durchschnitten, ja ein Stück aus demselben ausgeschnitten, und doch pflanzte sich ein im Schlunde erregter Schlingact bis zum Magen fort.

Bernard hat Thiere, denen der Accessorius ausgerissen war, längere Zeit am Leben erhalten. Die Speisen mussten also aus dem Magen fortgeschafft worden sein, und dies rechtfertigt die Annahme, dass der Vagus auch der Bewegungsnerv des Magens sei. Es muss hier noch ein älterer Versuch von Budge erwähnt werden, der in Folgendem besteht. Man legt einem Kaninchen das kleine Gehirn bloss, nimmt ihm Herz, Lungen und Zwerchfell heraus, so dass der Oesophagus und der Magen ganz frei liegen. Nun reizt man das kleine Gehirn electrisch und sieht eine Contraction ablaufen, die im Schlunde beginnt, über den Oesophagus hingeht und sich über den Magen erstreckt. Das tritt jedesmal ein, so oft die Electroden an das kleine Gehirn angelegt werden. Wenn man aber die Vagi durchschneidet, so hört diese Wirkung auf, zum Zeichen, dass dieselbe durch den Weg des Vagus zum Magen hingeführt worden ist.

Der N. vagus ist auch für den Secretionsnerven des Magens gehalten worden. Es wurde behauptet, dass, wenn die N. vagi durchschnitten seien, kein saurer Magensaft mehr abgesondert wird. Es steht dies aber im directen Widerspruche mit den Versuchen von Bidder und Schmidt und ebenso mit den von mir angestellten. Bidder und Schmidt haben bei Säugethieren die Vagi durchschnitten und hinterher nicht nur gefunden, dass noch saurer Magensaft abgesondert wurde, sondern sie haben selbst den Säuregrad desselben numerisch bestimmt. Ich habe ähnliche Versuche an Tauben und Hühnern gemacht und habe nichtsdestoweniger auch mehrere Tage nachher noch stark sauren Magensaft im Magen gefunden, dagegen niemals unverdaute Speisenreste, was doch der Fall sein müsste, wenn nach Durchschneidung der Vagi die Verdauung sistirt würde. Nach Versuchen, die später von Pinkus angestellt wurden, soll der Magensaft alkalisch werden, wenn die Vagi im Foramen oesophageum durchschnitten worden sind. Hiernach würden also dem Vagus in seinem Verlaufe die Secretionsfasern für die Labdrüsen beigesellt werden. Diese Fasern sollen aus dem Sympathicus entspringen, in den sie wahrscheinlich durch Rami communicantes eintreten.

Der Vagus und Accessorius geben auch die Bewegungsnerven für den Kehlkopf ab und es entsteht somit die Frage: wie theilen sie sich in Rücksicht auf die Innervation der Kehlkopfmuskeln? Nach der einen Ansicht, die von Bischoff aufgestellt und von Longet bestätigt wurde, ist der Accessorius der ausschliessliche Bewegungsnerv des Kehlkopfs, und der Vagus schickt nur sensible Fasern zu demselben. Sie berufen sich darauf, dass bei Ziegen, denen sie die Wurzeln des Accessorius durchschnitten, die Muskeln des Kehlkopfs sämmtlich und vollständig gelähmt waren. Anders sind die Angaben von Bernard, der sagt, dass nach Ausreissung der beiden Accessorii die Thiere zwar vollkommen stimmlos gewesen seien, dass aber der Kehlkopf wie bei der Inspiration offen gestanden habe. Wenn er dagegen den N. vagus am Halse durchschnitten hatte, wo er die Accessorius- und die Vagusfasern zusammenführt, dann seien auch die Kehlkopfmuskeln gelähmt gewesen, und die Stimmritze sei nicht dauernd offen gestanden, sondern die Stimmbänder hätten geschlottert. Er schliesst hieraus, dass die Kehlkopfmuskeln sowohl vom Accessorius, als vom Vagus motorische Fasern bekommen, dass die Fasern, die vom Accessorius kommen, wesentlich zur Stimmbildung dienen, und er bezeichnet ihn deshalb als den Stimmnerven des Kehlkopfs, dass dagegen die Fasern,

welche vom Vagus kommen, die Muskeln innerviren, welche bei der Inspiration die Stimmritze erweitern, damit die Luft frei einströmen könne.

Es sind vielfältige Versuche darüber angestellt worden, ob die eine oder die andere Ansicht die richtige sei, man ist aber noch nicht zu übereinstimmenden Resultaten gekommen, und es scheint fast, als ob die Schuld nicht nur an den verschiedenen Beobachtern, sondern wesentlich an Verschiedenheiten zwischen den Thieren, an welchen man experimentirte, lag, so dass man sich also keinen bestimmten Schluss auf die Anordnung der Fasern und die Innervation der einzelnen Muskeln im menschlichen Kehlkopfe erlauben darf. Vielleicht sind auch Wurzelfasern, welche von den Einen noch zum Accessorius gerechnet wurden, von Anderen schon zum Vagus gezählt, denn es handelt sich hier gerade um die obersten der Vaguswurzel zunächst liegenden Ursprungsfäden des Accessorius. Von den tiefer entspringenden, namentlich von den im Rückenmarke, nicht mehr in der Medulla oblongata, entspringenden, weiss man mit Sicherheit, dass sie überhaupt keine Fasern zu den Kehlkopfmuskeln senden.

Zum Kehlkopfe gehen bekanntermassen zwei Aeste des Vagus, der Laryngeus superior und der Laryngeus inferior seu N. laryngeus recurrens. Dieser letztere war schon Galen als ein wichtiger Nerv für die Stimmbildung bekannt, indem er fand, dass Schweine nicht mehr schreien konnten, wenn er die Recurrentes umschnürt hatte. Dieser ist es auch in der That, welcher die Hauptmasse der Muskelnerven für den Kehlkopf abgibt. Der Laryngeus superior ist grösstentheils Empfindungsnerv. Er theilt sich in einen kleineren, äusseren Ast, der ist ein Muskelnerv und geht zum M. cricothyreoideus, und in einen inneren Ast, der die Membrana hyothyreoidea durchbohrt, und sich in der Schleimhaut des Kehlkopfs verzweigt, indem er hier die Empfindungen und die Reflexbewegungen vermittelt. Wenn deshalb die Recurrentes laryngis durchschnitten sind, der Laryngeus superior aber noch vorhanden ist, so sind die inneren Kehlkopfmuskeln gelähmt; aber da der M. cricothyreoideus nicht gelähmt ist, zieht dieser den Schildknorpel nach sich und spannt auf diese Weise die Stimmbänder an.

Der N. vagus verzweigt sich auch in den Bronchien und im Lungengewebe, und man nimmt deshalb an, dass die motorischen Fasern, welche er führt, auch zur Innervation der glatten Muskelfasern, die sich in den Bronchien und im Lungengewebe befinden, dienen.

Der N. vagus führt ausser seinen motorischen Impulsen noch einen anderen centrifugal laufenden Impuls, einen Hemmungsimpuls. Er führt nämlich Hemmungsnerven für das Herz. Eduard Weber entdeckte vor einer Reihe von Jahren, dass, wenn man die N. vagi irgend eines Thieres am Halse durchschneidet, das Herz in einem schnelleren Rythmus schlägt, als es vorher geschlagen, und dass, wenn man die peripherischen Stümpfe der durchschnittenen Vagi reizt, das Herz langsamer schlägt, und wenn die Reizung stärker ist, sogar stille steht. Dasselbe Resultat hat man fast bei allen Thieren, die man untersuchte, durch Reizung jedes der beiden Vagi einzeln erhalten. Nur an der gewöhnlichen Flussschildkröte beobachtete A. B. Meyer eine merkwürdige Ausnahme, indem diese nur in ihrem rechten Vagus Hemmungsfasern für das Herz führt.

Das Herz steht still in der Diastole. Das also, was hier hervorgerufen wird, ist eine wirkliche Hemmung. Es stehen alle Theile des Herzens in der Diastole still, so dass man die Sache nicht so auffassen kann, als ob das Herz in irgend einer Phase seiner Contraction festgehalten würde. Wenn man an einer Schildkröte, an der sich diese Versuche wegen der Grösse des Herzens und ihrer Lebenszähigkeit besonders gut anstellen lassen, die Vagi reizt und den Ventrikel abschneidet, so stehen die Vorhöfe noch still. Schneidet man auch diese weg, so sieht man, dass die Vena cava und die sogenannten Venae subclaviae, welche bei der Schildkröte die Vena cava superior ersetzen, in der Diastole still stehen. Der Stillstand tritt nicht sofort bei Beginn der Reizung ein, sondern es dauert eine Zeit lang, ehe er eintritt. Hat der Reiz aufgehört, so überdauert der Stillstand das Aufhören desselben einige Zeit, und dann fängt das Herz an mit einer kräftigen Contraction und setzt sich allmälig in seinen gewöhnlichen Rythmus.

Der Herzstillstand auf Vagusreizung ist auch am Menschen beobachtet worden, und zwar zuerst in Wien in einem pathologischen Falle. Es kam zu einem hiesigen Arzte ein Kranker, der ihm klagte, er habe von Zeit zu Zeit das Gefühl heftiger Angst, und während dieser Zeit stehe ihm das Herz still. Später kam er zur Obduction und bei dieser zeigte es sich, dass der eine Vagus in ein Paquet geschwellter Lymphdrüsen derart eingeschlossen war, dass er unter gewissen Umständen gedrückt oder gezerrt werden konnte, was eine Reizung desselben und in Folge davon den Herzstillstand bedingte. Später hat Joh. Czermak durch Reizung der N. vagi am Halse an sich selbst mittelst Druck das Herz zum Stillstande gebracht. In neuerer Zeit hat H. Quinke zahlreiche Versuche hierüber angestellt und gefunden, dass sich bei vielen Menschen vorübergehende Pulsverlangsamung hervorbringen lässt mittelst Reizung des Vagus am Halse durch Druck.

Es fragt sich nun: Wird der Stillstand des Herzens durch Vagus- oder durch Accessoriusfasern hervorgerufen, mit andern Worten, haben die Hemmungsfasern, die zum Herzen gehen, ihren Ursprung in der Vagus- oder in der Accessoriuswurzel? Haben sie ihren Ursprung in der Accessoriuswurzel, so ist zunächst zu erwarten, dass sie in dem Theile derselben entspringen, der aus der Medulla oblongata kommt. Denn Bernard hat gezeigt, dass die Fasern, die aus der Medulla oblongata kommen, den Ast des Accessorius zusammensetzen, der in die Scheide des Vagus übergeht, während andererseits der Theil der Fasern, der tiefer entspringt, den Ast des Nerven zusammensetzt, der zum Sternocleidomastoideus und Cucullaris geht. Schon Waller hat gefunden, dass, wenn man den Accessorius ausreisst, Beschleunigung des Herzschlages eintritt. Reisst man einen Accessorius aus, wartet drei Tage und reizt den Vagus derselben Seite am Halse, so erhält man keinen Stillstand des Herzens, während sich solcher durch Reizung des Vagus der anderen Seite erzielen lässt. Es muss ausdrücklich erwähnt werden, dass dieser Erfolg schon nach drei Tagen, wo also noch keine für das Auge deutliche Degeneration des Nerven eintritt, beobachtet wird, so dass er seine Reizbarkeit offenbar früher verloren hat, als die Degeneration äusserlich sichtbar geworden. Es hat sich dieses Resultat durch spätere Versuche, welche im Laboratorium von Heidenhain in grosser Anzahl angestellt wurden, in vollstem Maasse bestätigt.

Nachdem wir so die centrifugalen Impulse, welche in den Bahnen des Vagus verlaufen, betrachtet haben, gehen wir jetzt über zu den centripetalen Bahnen, die, wie wir gesehen haben, ausschliesslich im Vagus zu suchen sind. Der N. vagus ist der Empfindungsnerv für den Schlund, den Oesophagus und den Magen. Er ist ferner der Empfindungsnerv für die Bronchien und die Lungen im Allgemeinen.

Er löst durch seine centripetalen Bahnen eine ganze Reihe von Reflexbewegungen aus. Zunächst das Erbrechen, von dem man freilich nicht sagen kann, ob es ausschliesslich vom Vagus ausgelöst wird, indem es möglicher Weise auch vom Glossopharyngeus ausgelöst werden könnte. Es ist bekannt, dass durch Reizung der Rückwand des Pharynx, der Gaumenbögen und auch der Uvula Erbrechen erregt werden kann. Das Gebiet, von dem aus Erbrechen als Reflexbewegung ausgelöst werden kann, ist bei verschiedenen Menschen verschieden. Es ist grösser bei empfindlichen Individuen, kleiner bei nichtempfindlichen. Das Erbrechen kommt dadurch zu Stande, dass zunächst eine tiefe Inspiration gemacht wird, vermöge welcher das Zwerchfell so viel als möglich abgeflacht wird. Der Sinn dieser Bewegung ist, dass dadurch ein Widerlager gebildet wird, gegen das nachher die Unterleibseingeweide angedrückt werden können. Dann folgt aber nicht, wie fälschlich in einigen Büchern steht, sofort eine Exspirationsbewegung, sondern eine Contraction der Bauchmuskeln, wodurch die Bauchwand die Eingeweide und somit auch den Magen zusammendrückt, und der Inhalt desselben zum Oesophagus und Munde hinausgetrieben wird. Hierauf folgt dann mit dem Aufhören des Brechactes Erschlaffung des Zwerchfells und Exspiration.

Es ist darüber gestritten worden, ob das Erbrechen durch Contraction der Bauchdecken oder der Musculatur des Magens erfolgt. Um dies zu entscheiden, schnitt Magendie einem Hunde, dem er Brechweinstein in die Venen eingespritzt hatte, die Bauchdecken auseinander. Er fand nun, dass allerdings Brechbewegungen eintraten, dass aber jetzt der Mageninhalt nicht mehr herausbefördert wurde. Die Contraction des Magens genügte also nicht zur vollständigen Ausführung des Brechactes. Er füllte nun eine Blase mit Flüssigkeit, schnitt den Magen an der Cardia ab, verband die Blase mit dem Oesophagus, und nähte die Bauchdecken zusammen. Traten jetzt Brechbewegungen ein, so wurde die Flüssigkeit aus der Blase zum Oesophagus und Munde herausbefördert. Daraus schloss er mit Recht, dass es wesentlich die Musculatur der Bauchdecken sei, durch welche die Kraft aufgebracht wird, die den Mageninhalt entfernt. Es betheiligen sich aber auch am Brechacte die Musculatur des Oesophagus und des Magens durch eine Contraction ihrer Längsfasern, die, wie bekannt, in einander übergehen. Dadurch wird nicht blos die Cardia gehoben und erweitert, sondern auch der Blindsack des Magens abgeflacht, und die Ausstossung des Mageninhaltes wird erleichtert.

Eine andere Reflexbewegung, die vom Vagus ausgelöst wird, und über deren Mechanik wir bereits früher gesprochen haben, ist das Schlingen. Es wird vom Pharynx unterhalb der Region, von der aus Brechen ausgelöst werden kann, und von da nach abwärts von jedem Orte des Oesophagus ausgelöst. Es ist den Chirurgen bekannt, dass wenn man mit einem Instrumente in den Pharynx eindringt, zuerst Würgbewegungen eintreten, welche das Instrument zurückzudrängen suchen. Ist man aber mit dem

Instrumente bis zu einer gewissen Tiefe gekommen, dann treten Schlingbewegungen ein, durch welche das Instrument hinabgezogen wird. Es ist ferner bekannt, dass, wenn irgendwo im Oesophagus ein Bissen stecken bleibt, von Zeit zu Zeit vollständige Schlingbewegungen ausgelöst werden, die den Bissen in den Magen hinabzubringen suchen. Wir begegnen hier wieder einer Erscheinung, mit der wir es noch öfter zu thun haben werden, nämlich der Erregung von Reflexbewegungen durch Summirung der Reize. Wenn ein solcher Bissen im Oesophagus liegt, so übt er daselbst einen beständigen Reiz aus. Es dauert eine Zeit lang, bis die Reize sich soweit summirt haben, dass sie eine Reflexbewegung auslösen können. Sobald diese ausgelöst ist, tritt vorübergehend Ruhe ein, bis sich wieder vom Neuen im Centralorgane die Impulse so weit angesammelt haben, dass die Erregung für die motorischen Centren gross genug wird, um wiederum eine solche Reflexbewegung auszulösen u. s. w.

Eine dritte Art von Reflexbewegungen, welche vom Vagus ausgelöst wird, ist das Schluchzen, Singultus. Es wird von den Magenästen dieses Nerven ausgelöst. Sonst gesunde Menschen werden auf einen kalten Trunk hin und auf andere plötzliche Reizungen der Magenschleimhaut von demselben befallen. Das Schluchzen besteht darin, dass das Zwerchfell sich plötzlich gewaltsam contrahirt, und nicht wie bei der Inspiration zugleich auch die Stimmritze geöffnet wird. In Folge davon schlagen die Stimmbänder ventilartig zusammen, und durch die darauf eintretende Luftverdünnung im Thorax entsteht ein Widerstand und dadurch die Empfindung eines Stosses.

Es entsteht nun die Frage, ob von den Magenästen des Vagus auch Erbrechen ausgelöst werden kann. Einfache Reizung der Magenschleimhaut bringt nicht Erbrechen hervor, wie die Reizung der Gaumenbögen und des Schlundes. Es lässt sich aber nicht in Abrede stellen, dass durch Summirung der Reize auch vom Magen aus Erbrechen ausgelöst werden kann. Dies geschieht aber nur bei Menschen, die zum Erbrechen geneigt sind. Diese machen nicht selten die Erfahrung, dass, wenn sie etwas schwer Verdauliches genossen haben, sie dieses eine oder mehrere Stunden bei sich behalten, dass aber dann plötzlich Brechbewegungen eintreten, die so lange andauern, bis der Mageninhalt entleert ist.

Ein anderes wichtiges Reflexgebiet hat der Vagus in den Respirationswegen. Zuerst bewirkt er Verschluss der Stimmritze und zwar durch den Laryngeus superior. Wenn man die obere Seite der Stimmbänder berührt, so tritt in Folge davon sofort Verschluss der Stimmritze ein. Sobald man aber etwas tiefer kommt und in die sogenannte Glottis respiratoria, den Raum zwischen den Giessbeckenknorpeln, und etwa eine Linie nach abwärts eindringt, so tritt Husten als Reflexbewegung ein. Es verschliesst sich nicht nur die Stimmritze, sondern es treten auch krampfhafte Exspirationsbewegungen ein, die den Verschluss der Stimmritze stossweise durchbrechen. Es ist leicht einzusehen, dass diese Anordnung der Reflexe vollkommen den Zwecken für die Erhaltung des Organismus entspricht. So lange ein fremder Körper über den Stimmbändern liegt und die Oberfläche derselben berührt, schliessen sich die Stimmbänder, um ihn nicht eindringen zu lassen. Wenn er aber die Stimmritze passirt hat, dann treten plötzliche Exspirationsbewegungen, Husten ein, vermöge welcher der fremde Körper wo möglich herausgeworfen wird. Besonders empfindlich zeigt sich die

Fossa interasytaenoidea. Der Kehlkopf ist aber nicht das einzige Gebiet, von dem aus Husten als Reflexbewegung ausgelöst wird. Nach Versuchen an Hunden wird er auch durch Berührung der Bifurcationsstelle der Bronchien prompt ausgelöst. Endlich wird Husten durch Summirung der Reize von der ganzen Bronchialschleimhaut ausgelöst. Daher rührt es, dass, wenn ein fremder Körper in den Bronchien steckt, nicht permanente, sondern periodische Hustenanfälle hervorgerufen werden. Ebenso finden darin die periodischen Hustenanfälle, die bei Ansammlung von Schleim, Eiter u. s. w. auftreten, ihre Erklärung. Kohts gelang es, auch durch Reizung der Pleura costalis Husten hervorzurufen. Der Weg der Uebertragung ist hier noch unermittelt.

Der Husten kann ausserdem noch von der Wurzel der Zunge ausgelöst werden. An der Wurzel der Zunge befinden sich zu beiden Seiten unter dem Kehldeckel zwei kleine Gruben. Wenn in diese beim Essen Speisen hineingelangen, so geschieht es nicht selten, dass ziemlich heftige Hustenanfälle darauf erfolgen. Das rührt daher, dass dort ein kleiner Ast des N. laryngeus superior sich verbreitet. Eine andere Stelle, von der Husten ausgelöst werden kann, ist, wie schon erwähnt, der tiefste Theil des äusseren Gehörganges, in dem sich der Ramus auricularis nervi vagi verbreitet.

Es fragt sich, ob auch vom Magen Husten ausgelöst werden kann. Die directen Versuche, die man mit Reizung der Magenschleimhaut anstellte, haben negative Resultate ergeben. Auch Ueberladung des Magens, Hineingelangen grösserer fester Körper in denselben u. s. w. gaben an und für sich keine Veranlassung zum Husten. Nichtsdestoweniger nahmen die alten Aerzte einen sogenannten Magenhusten an, und es fragt sich, wie sie dazugekommen sind. Die Fälle, die sie zu der Annahme veranlassten, bestanden darin, dass Individuen von einem hartnäckigen Husten befallen waren, der aufhörte, nachdem der Mageninhalt durch Erbrechen entleert wurde; so dass es also nahe lag, anzunehmen, dass die Substanzen im Magen hier die Vagusäste gereizt und so den Husten hervorgerufen hätten. Solche Fälle existiren nun allerdings. Ich selbst habe einen Knaben gesehen, der Tag und Nacht hustete und mit solcher Heftigkeit und Hartnäckigkeit, dass er laut über die Schmerzen klagte, die er unter den Rippen in Folge der häufigen Zusammenziehungen der Bauchmuskeln fühlte. Darauf trat reichliches Erbrechen ein und von da ab kein einziger Hustenanfall mehr.

Ich glaube aber, dass diese Fälle noch eine andere Erklärung zulassen. Es ist bekannt, wenn auch nicht hinreichend erklärt, dass der Brechact auch dazu beiträgt, Substanzen nicht nur aus dem Magen, sondern auch aus den Luftwegen herauszubefördern. Bekanntlich werden beim Croup Brechmittel gegeben, damit sich beim Erbrechen zugleich die Croupmembranen abstossen und ausgeworfen werden. Ebenso wäre es möglich, dass hier der Husten erzeugende Körper sich nicht im Magen, sondern in den Luftwegen befand, und dass er beim Erbrechen in ähnlicher Weise, wie auf ein gegebenes Brechmittel die Croupmembranen, ausgestossen worden. Kohts, der bei Reizung der Magenschleimhaut auch negative Resultate erhielt, fand, dass bei Zerrung und Quetschung des Oesophagus Hustenstösse eintraten, wie schon Krimers angegeben. Bisweilen konnte er auch durch Reizung der Pharyngealschleimhaut Husten

erregen. Auch durch Reizung nicht nur des Vagus- und Laryngeusstammes in ihrem Verlauf, sondern auch durch Reizung des N. pharyngeus hat er Husten erzeugt.

Bei Kranken und in Folge der Krankheit sehr empfindlichen Individuen kann der Husten auch von Stellen des Körpers ausgelöst werden, an welchen sich der Vagus nicht verbreitet. Es ist bekannt, dass solche Menschen husten müssen, sobald sie irgend einen Theil ihres Körpers der Zugluft aussetzen. Dies kann nicht abgeleitet werden davon, dass sie zugleich diese selbe Luft einathmen; denn das, was wir Zugluft nennen, ist nicht eine kältere, sondern eine bewegte Luft, kann also die Respirationswerkzeuge nicht durch eine niedrigere Temperatur afficiren. Ebenso bringt bekanntlich Berührung der Hände und Füsse mit kaltem Wasser bei manchen Individuen sofort Husten hervor. Abkühlung wirkt indessen vielleicht nicht durch Reflex allein. Golz fand, dass Hunde, denen das Rückenmark zwischen Brust- und Lendenmark durchschnitten war, und die an Bronchialkatarrh litten, husteten, wenn der hintere Theil des Körpers mit kaltem Wasser gewaschen wurde. Ebenso zitterte die vordere Körperhälfte vor Frost, wenn nur die hintere mit kaltem Wasser gewaschen wurde. Man muss diesen Husten ableiten von der Wirkung des abgekühlten Blutes auf die Vagusäste, die den Husten reflectorisch auslösen, oder auf den sogenannten Vaguskern, die Region der Ala cinerea, denn diese ist das Reflexcentrum für den Husten, oder von Verbindungen, die durch den Sympathicus zwischen vorderer und hinterer Körperhälfte unterhalten werden.

Zu den Reflexen, welche vom Vagus ausgelöst werden, gehört auch das Athmen. Man hat schon frühzeitig untersucht, welchen Einfluss die Reizung des Stammes des Vagus auf die Athembewegungen habe. Man fand, dass, wenn man das centrale Ende des durchschnittenen Vagusstammes reizte, und der Reiz heftig genug war, Stillstand der Respirationsbewegungen eintrat. Es wurde zuerst angegeben, es trete der Stillstand in der Inspirationslage ein, so dass das Zwerchfell contrahirt bleibe: später aber beobachteten Andere Stillstand in der Exspirationslage.

Nach Rosenthal's Untersuchungen über die Athembewegungen stellte sich die Sache folgendermassen dar: Wenn der Stamm des Vagus allein gereizt wird, nachdem er den Laryngeus superior abgegeben hat, so tritt Stillstand in der Inspirationslage ein. Wird der Stamm des Vagus gereizt, ehe er den Laryngeus superior abgegeben hat, oder gehen Stromschleifen durch den Laryngeus superior und reizen diesen mit, so tritt Stillstand in der Exspirationsstellung ein.

Um uns die Einsicht in die Verhältnisse zu erleichtern, will ich zunächst die Respirationstheorie besprechen, welche von Rosenthal in Folge seiner ausgedehnten Untersuchungen aufgestellt wurde. Er sagt: Das Centrum der Respirationsbewegungen ist, wie allgemein bekannt, die Medulla oblongata. Die Erregung zum Einathmen entsteht dadurch, dass weniger sauerstoffhältiges, nicht hinreichend oxydirtes Blut zur Medulla oblongata gelangt. Dieses Blut wirkt daselbst als Reiz und erzeugt die Inspiration. Nachdem die Inspiration vorüber ist, tritt ein Augenblick der Ruhe ein, dann, bis die Reize sich wieder summirt haben, eine andere Inspiration u. s. w. Die Lebhaftigkeit der Respiration wird also von der Menge des Sauerstoffs, welchen man dem Blute zuführt, abhängig sein.

Führt man zu wenig Sauerstoff zu, so tritt Dyspnoe ein. Das Thier muss kräftig und häufig athmen, um sich den hinreichenden Sauerstoff zu verschaffen. Die Anregung dazu wird dadurch gegeben, dass dieses venösere Blut einen stärkeren Reiz ausübt, und sich deshalb in einer kürzeren Zeit die Reize so weit summiren, dass eine Inspiration erfolgt. Er machte hierauf gewissermassen die Probe, indem er einem Thiere durch künstliche Respiration grosse Mengen von Luft zuführte, so dass er das Blut desselben mit Sauerstoff übersättigte. Dadurch brachte er sogenannte Apnoe hervor, d. h. das Thier setzte mit den Respirationsbewegungen ganz aus, weil eben jetzt nach Rosenthal das Blut, das zur Medulla oblongata gelangte, zu viel Sauerstoff hatte, um überhaupt einen hinreichenden Reiz zur Auslösung einer Inspiration abzugeben.

Von diesem Reize des venösen Blutes leitet Rosenthal auch den ersten Athemzug ab. Er sagt, das Kind athmet nicht im Mutterleibe, solange die Placentarcirculation im Gange ist, weil das Blut, das zur Medulla oblongata gelangt, nicht hinreichend venös ist. Wenn aber das Kind aus dem Uterus heraus ist, zieht sich der letztere zusammen, die Placentarcirculation wird sofort gestört, und nun wird das Blut venöser, wodurch der erste Reiz zum Inspiriren gegeben ist. Man beruft sich zur Unterstützung dieser Theorie vom ersten Athemzuge wesentlich darauf, dass, wenn Störungen in der Placentarcirculation eintreten, wenn z. B. die Nabelschnur comprimirt wird, Inspirationsbewegungen noch innerhalb des Uterus, innerhalb der Eihäute eintreten können.

Vor mehr als dreissig Jahren gab ein Arzt über die Todesursache eines im Uterus zu Grunde gegangenen Kindes ein Gutachten ab, und sagte darin, er könne sich nicht anders ausdrücken, als dass das Kind im Fruchtwasser ertrunken sei. Darüber wurde damals viel gelacht, es hat sich aber gezeigt, dass bei solchen Inspirationsbewegungen im Uterus Kinder nicht unbeträchtliche Mengen von Fruchtwasser aspiriren, was später Ursache zu mangelhafter Anfüllung der Lungen mit Luft gibt.

Rosenthal schliesst weiter aus seinen Versuchen, dass der Vagus durch die Erregungen, welche er zu der Medulla oblongata bringt, die Auslösung der Inspiration erleichtert. Damit bringt er es in Zusammenhang, dass, wenn man Thieren die N. vagi am Halse durchschnitten hat, der Typus der Respiration sich in auffallender Weise ändert. Es werden die Athembewegungen viel langsamer und tiefer. Das rührt nach Rosenthal daher, dass jetzt der Reiz, den die atmosphärische Luft auf die Lungenäste des Vagus ausübt, nicht mehr zur Medulla oblongata gelangt, und deshalb die Auslösung der Athembewegungen schwerer erfolgt, sich verzögert. Nun sammeln sich aber die Reize um so länger an, und daher tritt endlich eine tiefe Inspirationsbewegung ein. Die Reizung des Laryngeus superior dagegen hat den entgegengesetzten Erfolg, sie widersteht der Auslösung der Respirationsbewegungen. Dies zeigt sich auch bei Reizung der oberen Fläche der Stimmbänder. Denn mit dem Verschluss der Stimmritze, nicht nur durch dieselbe, wird auch die Inspiration angehalten. Daraus erklären sich auch die Erscheinungen, die bei Reizung des Vagusstammes beobachtet wurden. Wurde der Vagusstamm allein gereizt, so ist in Folge dessen eine Inspirationsbewegung leichter ausgelöst worden, ja, wenn der Reiz kräftig genug war, trat Krampf der Inspirationsmuskeln ein, dieselben standen tetanisch in der

Inspirationslage still. Wurde aber der Vagus gereizt, da wo er den Laryngeus superior noch nicht abgegeben hatte, oder gingen durch den letzteren Stromschleifen, dann überwog die hemmende Wirkung des Laryngeus superior, und es standen nun Thorax und Zwerchfell in der Exspirationslage still.

In neuerer Zeit hat Rosenthal's Theorie von den Athembewegungen eine Ergänzung und Modification zunächst durch Hering und Breuer gefunden. Diese sahen, dass, wenn man Luft in die Lunge einbläst, also dieselbe mit Luft auszudehnen versucht, sofort eine Exspirationsbewegung erfolgt, dass dagegen, wenn man Luft aus der Lunge aussaugt, als Reflex sofort eine Inspirationsbewegung eintritt. Hieraus erklärt sich eine Thatsache, die den Physiologen schon lange Zeit bekannt war, die Thatsache, dass, wenn man an Thieren künstliche Respiration einleitet, der Rythmus der Athembewegungen sich dem Rythmus accommodirt, den man der künstlichen Respiration gibt, einfach deshalb, weil man durch das Einblasen von Luft, also durch die künstliche Inspiration, sogleich die dazu gehörige Exspiration hervorruft. Es geht hieraus zugleich hervor, dass die Lungenäste des Vagus nicht blos inspiratorische Fasern führen, d. h. nicht blos Fasern, die durch Reflexe eine Inspirationsbewegung hervorrufen, sondern auch Fasern, durch deren Reizung eine Exspirationsbewegung hervorgebracht wird. Es steht dies in Uebereinstimmung mit der Thatsache, dass Schleim, Eiter u. s. w., wenn sie in der Lunge angesammelt sind, Hustenanfälle hervorrufen, denn diese bestehen ja wieder aus einer Reihe von exspiratorischen Bewegungen.

Früher hatte man die Reize, welche die atmosphärische Luft auf die Lungenäste des Vagus ausübt, immer wesentlich in Zusammenhang gebracht mit dem Sauerstoffgehalte derselben. In diesen Versuchen von Hering und Breuer ergab sich aber die auffallende Thatsache, dass hier die mechanische Wirkung auf die Lunge, nicht die chemische, das Wesentliche war. Irrespirable Gase ergaben dieselben Resultate, wie atmosphärische Luft.

In einem anderen Punkte weicht Brown-Séquard von den Angaben Rosenthal's ab. Er sagt, dass die Apnoe, die durch reichliches Einführen von Luft, die das Blut hoch arteriell macht, erzeugt wird, nur eintrete, so lange die Vagi erhalten sind. Hat man einem Thiere die beiden Vagi durchschnitten, dann soll diese Apnoe nicht mehr zu Stande kommen. Filehne hat aber seitdem nachgewiesen, dass auch nach durchschnittenen Vagis durch reichliche Luftzufuhr Apnoe zu Stande gebracht werden kann, nur schwerer. Der normale Reiz zur Inspiration, der sich bei Mangel an Luft zur dyspnoischen Wirkung steigert, scheint also ein combinirter zu sein und einerseits von den Vagusästen der Lunge, das heisst von deren peripherischen Enden, andererseits von der Medulla oblongata selbst auszugehen.

Auch vom Herzen sind Reflexbewegungen, und zwar in den Beinen, durch die Bahnen des Vagus ausgelöst worden. Goltz, der diese Versuche zuerst an Fröschen anstellte, fand, dass die Bewegungen nicht mehr erfolgten, nachdem die Vagi durchschnitten waren. Aehnliche Resultate erhielt Gurboki an Kaninchen, denen er die hintere Fläche der Vorhöfe mit Schwefelsäure reizte. An Kätzchen aber erhielt Goltz die Reflexbewegungen vom Herzen aus auch noch nachdem die Vagi durchschnitten waren.

Der Vagus soll auch reflectorisch die Absonderung des Magensaftes anregen. Man schliesst dies daraus, dass er seine Aeste zur Magenschleimhaut sendet und von dieser aus die Secretion angeregt wird. Es muss aber bemerkt werden, dass die Secretion nicht aufhört, wenn die beiden N. vagi am Halse durchschnitten sind, und somit Reflexerregungen in seinen Bahnen nicht mehr zum Centrum gelangen können.

Mit ebenso viel und ebenso wenig Recht kann man dem Vagus auch das Vermögen zuschreiben, die Speichelabsonderung reflectorisch zu erregen. Hunde schlingen in der ersten Zeit der Verdauung eine grosse Menge von Speichel hinab. Die Mengen desselben, welche man im Magen vorfindet, kann man nicht davon herleiten, dass sie dieselben beim Fressen verschluckt hätten. Auch findet man manchmal den Speichel noch in Klumpen in der Cardialgegend beisammen, so dass man deutlich sieht, dass er nach den Speisen verschluckt worden ist.

Ein Vagusast von ganz eigenthümlicher und merkwürdiger Wirkung ist der Nervus depressor. Ludwig und Cyon fanden ihn zuerst beim Kaninchen auf. Er entspringt hier gewöhnlich mit zwei Wurzeln, einer aus dem Vagus, einer aus dem Laryngeus superior, bisweilen auch aus letzterem allein, läuft hinter der Carotis nach abwärts, nimmt Aeste aus dem Gangl. stellatum auf und sendet solche zum Herzen. Durchschneidet man ihn und reizt das peripherische Stück, so erzielt man dadurch keinerlei Wirkung: reizt man aber das centrale Stück, während gleichzeitig in die Carotis ein Manometer eingesetzt ist, so sieht man, dass der Blutdruck beträchtlich sinkt. Auch das Herz pulsirt langsamer: das ist aber nicht die einzige Ursache des Sinkens des Blutdruckes, denn, wenn derselbe sein Minimum erreicht hat, schlägt das Herz wieder schneller, ohne dass der Blutdruck steigt. Die wesentliche Ursache ist Erweiterung der Gefässe. Ludwig und Cyon nahmen dieselbe direct an der Niere wahr und fanden auch, dass das Sinken entsprechend geringer ist, wenn die Gefässe der Baucheingeweide durch Durchschneidung der Splanchnici, in denen ihre Nerven verlaufen, schon vorher erweitert sind. Der Nerv wirkt also hemmend auf das vasomotorische Centrum in der Medulla oblongata.

Wenn der N. vagus durchschnitten wird, und die Thiere nicht suffocatorisch zu Grunde gehen, verfallen sie einer Pneumonie, der sogenannten Vaguspneumonie, welche man früher auch als ein Beispiel der neuroparalytischen Entzündungen aufführte. Traube stellte zuerst die Ansicht auf, dass dieselbe lediglich davon herrühre, dass die Reflexe fehlen, dass die Empfindlichkeit des Kehlkopfs und der Bronchialschleimhaut verloren gegangen ist und in Folge dessen fremde Körper in die Luftwege eindringen. Traube's Erfahrungen hierüber sind auch von Billroth bestätigt worden.

Von den am Menschen zu beobachtenden Lähmungserscheinungen im Gebiete der so eben besprochenen Nerven sind die vom Accessorius herrührenden die deutlichsten. Schiefstellung des Kopfes, Caput obstipum paralitycum, wegen Lähmung im Sternocleidomastoideus und Cucullaris, dabei Heiserkeit und Schlingbeschwerden. Das sogenannte Caput obstipum spasticum, bei dem die erwähnten Muskeln contrahirt sind, beruht im Gegentheile darauf, dass die Accessoriuswurzeln sich im Zustande der Reizung befinden. Einseitige Vaguslähmung ist am häufigsten an scrophulösen Kindern

beobachtet worden, bei denen sie durch Compression eines Vagus durch geschwellte Bronchialdrüsen hervorgerufen wurde. Es zeigte sich dabei Veränderung der Stimme, Heiserkeit bis zur Aphonie, Husten, Erstickungsanfälle u. s. w. und namentlich, was charakteristisch ist, Mangel der Reflexbewegungen, Anhäufung von Schleim in den Bronchien in solchem Grade, dass man das Schleimrasseln schon ohne nähere Untersuchung hören konnte, und doch kein subjectives Gefühl davon, keine Neigung die Massen auszuwerfen.

Nervus hypoglossus.

Dieser ist der Bewegungsnerv der Zunge: man bezeichnet ihn deshalb auch als den N. loquens. Er entspringt als motorischer Nerv aus einem Kern, der jederseits neben der Mittellinie unter dem Boden des hinteren Theiles des vierten Ventrikels liegt. Er versorgt nicht allein die Zunge, sondern ausserdem noch den M. geniohyoideus, den M. hyothyreoideus, den M. omohyoideus, den M. sternohyoideus und den M. sternothyreoideus. Mit seinem Hauptstamme und den Aesten desselben versorgt er von den genannten Muskeln den Geniohyoideus und den Thyreohyoideus. Der M. omohyoideus, sternohyoideus und sternothyreoideus werden vom Ramus descendens nervi hypoglossi versorgt, der übrigens schon eine grosse Menge von Nervenfasern führt, welche ihm aus den Cervicalnerven zugekommen sind. Von diesen gehen auch sensible Fasern aufwärts bis zur Zunge. Damit hängt es zusammen, dass, wenn man den Trigeminus in der Schädelhöhle, oder beiderseits den Lingualis durchschnitten hat, die Zunge zwar an ihrer Oberfläche unempfindlich ist, dass man sie cauterisiren kann, dass aber beim Kneipen mit einer Zange das Thier noch Schmerz äussert, weil dann die sensiblen Fasern gereizt werden, welche der Hypoglossus als entliehene mitgebracht hat.

Die Lähmung des Hypoglossus zeigt sich durch einseitige Lähmung der Zunge. Wenn die Zunge herausgestreckt wird, so ist sie nach der kranken Seite abgelenkt, wenn sie hereingezogen wird, so ist die Spitze derselben nach der gesunden Seite abgelenkt. Die Sache ist einfach folgende: Wenn die Zunge hereingezogen wird, so ziehen sich die Längsfasern auf der gesunden Seite zusammen, diese werden also kürzer, als die auf der kranken Seite, folglich muss die Zunge nach der gesunden Seite hin abweichen. Wenn sie aber herausgereckt wird, so wird erst das Zungenbein gehoben, und ausserdem werden die Querfasern zusammengezogen, um die Zunge schmäler und länger zu machen. Dies geschieht nur auf der gesunden Seite, es wird diese also länger als die kranke, und in Folge davon tritt beim Herausrecken eine Ablenkung nach der kranken Seite ein.

Nervus sympathicus.

Wir sollten nun nach unserm bisherigen Plane der Reihe nach die verschiedenen Rückenmarksnerven und endlich den N. sympathicus durchnehmen. Bei den Rückenmarksnerven geht aber ihre Function zum grossen Theile schon aus der blossen anatomischen Betrachtung hervor, und zum Theil ist dieselbe unbekannt. Erwähnt zu werden verdient der Zusam-

menhang der Wurzeln des Plexus brachialis mit der Regio ciliospinalis des Rückenmarkes, indem er aus den vier unteren Cervicalnerven und dem ersten Dorsalnerven hervorgeht. Daher leitet Hutchinson die von ihm beobachtete häufige Coincidenz der Lähmung des Plexus brachialis mit Lähmung der oculopupillären Fasern, also mit Zurücksinken des Auges derselben Seite, Schielen nach innen und Verengerung der Lidspalte und der Pupille.

Der N. sympathicus ist kein selbstständiger Nerv, sondern ein Strickwerk aus Nervenfäden und Nervenknoten, so zwar, dass die Nervenfäden freilich zum grossen Theile ihren Ursprung aus Nervenknoten, aus den Ganglien des Sympathicus nehmen, dass sie aber auch zum grossen Theile aus dem Rückenmarke und aus dem Gehirne entspringen, und durch die Rami communicantes und durch Anastomosen, durch welche Hirnnerven mit dem N. sympathicus verbunden sind, in diesen übergehen. Im Verlaufe der Stränge lassen sich diese Fasern nicht ohne weiteres von denen trennen, die in den Ganglien selbst ihren Ursprung haben. Wir wollen uns deshalb nur noch mit der Innervation einzelner Organe beschäftigen, die Nerven durch Vermittelung des N. sympathicus und aus ihm erhalten, zunächst mit denen des Herzens und der Gefässe.

Wenn man einem Frosche oder einer Schildkröte das Herz ausschneidet, und es also aus allen seinen Verbindungen mit dem Centralnervensystem trennt, so schlägt es noch viele Stunden, ja Tage lang fort. Das Säugethierherz schlägt freilich, wenn es ausgeschnitten ist, nur kurze Zeit ausserhalb des Körpers fort. Das liegt aber nur daran, dass die Gewebselemente der Warmblüter viel früher absterben, als dies bei Amphibien der Fall ist. Schon bei jungen Thieren, bei Kätzchen, bei jungen Hunden schlägt das ausgeschnittene Herz stundenlang fort und ebenso auch bei einigen erwachsenen Thieren, z. B. beim Igel (Erinaceus europaeus). Man kann aber auch durch einen von Ludwig zuerst angestellten Versuch nachweisen, dass nur das Absterben, nicht der Mangel des Zusammenhanges mit dem Centralnervensystem, es bewirkt, dass das Herz aufhört zu schlagen. Ludwig verbindet die Aorta des ausgeschnittenen Herzens mit einer Arterie eines lebenden Thieres, so dass durch die Kranzgefässe arterielles Blut hindurchgeht, oder er leitet geschlagenes, an der Luft arteriell gemachtes Blut in dieselben hinein und sieht nun, dass auch Kaninchenherzen längere Zeit nach dem Tode fortschlagen. Es geht also hieraus hervor, dass das Herz die Ursache seiner rythmischen Bewegungen in sich selbst trägt.

Untersucht man das Herz näher, so findet man darin zahlreiche Ganglien, und diese müssen als die Ursache der Bewegungsimpulse angesehen werden, die in dem Herzen fortwährend erzeugt werden. Im Säugethierherzen finden sich diese Ganglien sowohl in den Ventrikeln als in den Vorhöfen. Untersucht man dagegen ein Froschherz, so findet man, dass die Masse der Ganglien in den Vorhöfen, hauptsächlich in der Scheidewand der Vorhöfe und am Ursprunge der Venen, im Venensinus, angehäuft ist. Trennt man die Ganglien vom Herzen, so hört der Ventrikel auf zu schlagen: ebenso wenn man sie quetscht. Legt man einen Faden um die Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel, so schlagen die Vorhöfe weiter fort, der Ventrikel aber bleibt ruhig. Manchmal führt er in viel

grösseren Intervallen als die Vorhöfe Contractionen aus. Man kann ähnliches auch dadurch erreichen, dass man die Vorhöfe abschneidet. Schneidet man sie gerade vom Ventrikel ab, so sieht man oft, dass sich letzterer noch wie gewöhnlich contrahirt. Das hängt damit zusammen, dass noch etwas von dem nervösen Centrum zurückgeblieben ist. Fasst man den Rest der Scheidewand sammt den inneren Klappen der venösen Ostien mit der Pincette, zieht sie etwas vor und trägt diese Partie mit dem der Vorhofgrenze zunächst liegenden Theile des Ventrikels ab, so bleibt der Ventrikelrest ruhig, während die abgeschnittenen Vorhöfe fortpulsiren. Der Ventrikel hat aber dabei keineswegs seine Reizbarkeit verloren, denn, wenn man ihn mit einer Nadel sticht, oder einen Inductionsschlag hindurchsendet, so sieht man ihn noch sich zusammenziehen.

Auf die Thätigkeit des ausgeschnittenen Herzens hat die Temperatur einen bedeutenden Einfluss. Legt man ein ausgeschnittenes Froschherz auf eine Schale mit lauem Wasser, während ein anderes auf Eis gelegt wird, so bemerkt man, dass das erste viel schneller pulsirt, als das zweite. Es kommt aber viel früher zur Ruhe als das auf dem Eise liegende und setzt man, nachdem dies geschehen, das letztere in laues Wasser, so fängt es an schneller zu schlagen, und kommt erst, nachdem es noch einige Zeit auf dem lauen Wasser pulsirt hat, zur Ruhe. Es ist durch Versuche nachgewiesen worden, dass auch auf das Herz innerhalb des lebenden Körpers die Temperatur einen ähnlichen Einfluss habe, so dass also die Temperaturerhöhung, wie sie in fieberhaften Krankheiten eintritt, an und für sich schon ein Beschleunigungsmittel für die Herzbewegung abgibt, andererseits also, wenn sie einen gewissen Grad überschreitet, auch eine Ursache werden kann, dass das Herz seine Kräfte um so früher erschöpft. An embryonalen Herzen hat Schenk den Einfluss der Temperatur studirt. Wenn dasselbe bei gewöhnlicher Temperatur aufgehört hat zu schlagen, so fängt es in der Brutwärme wieder an. Selbst an einzelnen Stücken des zerschnittenen Herzens lässt sich diese Erscheinung noch beobachten.

Wir haben gesehen, dass, wenn man Blut durch die Coronargefässe eines Herzens hindurchleitet, dasselbe ausserhalb des Körpers viel länger fortschlägt, als wenn dies nicht geschieht. Auch wenn nur Blut in die Herzhöhlen hineingefüllt ist, erhält sich das Herz länger thätig, als wenn dies nicht der Fall ist. Legt man ein blutleeres Froschherz, das schon aufgehört hat zu schlagen, in Blut hinein, so hat man nicht selten Gelegenheit zu beobachten, dass es wieder zu schlagen anfängt.

Tiedemann hat schon vor einer Reihe von Jahren beobachtet, dass, wenn man ein Herz unter die Glocke der Luftpumpe legt, der Herzschlag immer matter wird, und endlich aufhört. Wartet man bis dies eingetreten und lässt dann Luft zu, so fängt das Herz von Neuem an zu pulsiren.

Ausser diesen Impulsen, welche das Herz aus seinem eigenen Gangliensysteme empfängt, und vermöge welcher es sich rythmisch zusammenzieht, nachdem es aus dem Körper entfernt worden ist, erhält es auch Impulse vom Centralorgane. Es ist dies schon aus der alltäglichen Beobachtung ersichtlich, indem wir wissen, dass die Gemüthsbewegungen auf den Rythmus der Herzthätigkeit einen sehr grossen Einfluss ausüben. Die hemmenden Nerven für das Herz haben wir bei Gelegenheit des N. vagus

kennen gelernt. Wir haben gesehen, dass er regulirende Fasern für das Herz führt, welche aus dem Accessorius Willisii in seinen Stamm eingetreten sind. Wir müssen uns jetzt sagen, dass diese nicht direct auf die Muskelfasern des Herzens wirken, sondern auf die Ganglien, die innerhalb des Herzens liegen, und von welchen die motorischen Impulse für die Musculatur des Herzens ausgehen. Man kann deshalb mit Bidder die Hemmung der Herzbewegung durch den N. vagus als eine Reflexhemmung bezeichnen, indem sie mit den Reflexhemmungen im Gehirne und Rückenmarke das gemein hat, dass die Hemmung zunächst auf die nervösen Centren, die hier sympathische Ganglien sind, ausgeübt wird, während bei den Hemmungen im Gehirn und Rückenmark es Ganglienkörper sind, die im Centralorgane liegen. Es sind aber auch in neuerer Zeit die beschleunigenden Nerven des Herzens gefunden worden. Dieselben gehen ihm zu vom Halstheile des Sympathicus. Bezold machte darauf zuerst aufmerksam. Man war aber damals noch nicht im Stande, anderweitige Möglichkeiten auszuschliessen, indem bei Reizung dieser Nerven auch der Blutdruck sehr bedeutend steigt, und somit die Erhöhung der Pulsfrequenz eine secundäre, durch den erhöhten Widerstand veranlasste, sein könnte. Ludwig und Cyon haben aber später gezeigt, dass diese Fasern auch abgesehen von der Erhöhung des Blutdruckes die Herzbewegung beschleunigen.

Die Gefässnerven haben wir schon an verschiedenen Orten kennen gelernt. Wir haben gesehen, dass das motorische und reflectorische Hauptcentrum für das gesammte Gefässsystem in der Medulla oblongata zu suchen sei. Wir haben gesehen, dass, wenn man den Sympathicus zwischen der zweiten und dritten Rippe durchschneidet, das Carotidensystem seinen Tonus verliert, dass hier also die Fasern durchpassiren müssen, die durch den Plexus caroticus zum Carotidensysteme gehen. Wir haben ferner gesehen, dass nach dem Ausreissen des Ganglion thoracicum primum die obere Extremität, und nach dem Ausreissen des Ganglions, welches bei Hunden auf dem 5. und 6. Lendenwirbel liegt, die untere Extremität hyperämisch wird. Wir haben ferner gefunden, dass der N. splanchnicus die vasomotorischen Nerven für den Darmkanal führt, dass er somit ein Gefässgebiet von sehr grosser Capacität innervirt, indem das Gefässgebiet des chylopoëtischen Systems geräumig genug ist, nahezu die ganze Blutmenge des Körpers aufzunehmen. Unterbindet man einem Thiere die Pfortader, so geht es unter den Erscheinungen der Anämie zu Grunde, weil sich im chylopoëtischen System so viel Blut ansammelt, dass die übrigen Organe an Blut verarmen. Erwähnen will ich noch, dass die Gefässnerven die Gefässstämme auf lange Strecken zu begleiten scheinen, nicht erst in der Region der peripherischen Ausbreitung die Nervenstämme zu verlassen und zu den Gefässen überzutreten. Goltz durchschnitt an dem Schenkel eines Kaninchens Alles bis auf Arterie und Vene galvanocaustisch. Wenn er dann die Haut desselben rieb oder mit Senföl bestrich, so röthete sie sich noch.

Eine Erscheinung, die hier noch mit aufgezählt werden muss unter denjenigen, welche von vasomotorischen Nerven abhängig sind, ist die Erection des Penis. Eckhard hat gefunden und experimentell an Hunden nachgewiesen, dass aus dem ersten, zweiten und dritten Sacralnerven Fasern in den Sympathicus übergehen, welche mit diesem zu den Gefässen

des Penis gelangen, und dass die Reizung dieser Nerven Erection des Penis hervorruft. Es ist noch nicht ausgemacht, in wie weit hier erregende und in wie weit hier hemmende Wirkungen übertragen werden; gewiss ist nur, dass die Erection nicht ausschliesslich und auch nicht der Hauptsache nach durch gehinderten Rückfluss des Venenblutes hervorgebracht wird. Es strömt bei derselben eine viel grössere Blutmenge, als sonst durch die Arterien in die Bluträume des cavernösen Gewebes ein. Die Nervi erigentes können bekanntlich durch die N. optici und N. olfactorii vom Gehirne aus erregt werden, ebenso von den verschiedensten Tastnerven der Körperoberfläche. Die Kette der Erregungen braucht aber nicht immer durchs Gehirn abzulaufen. Hunden, denen Goltz das Rückenmark durchschnitten hatte, konnten Erectionen durch Streichen am Penis leichter und sicherer erzeugt werden, als unversehrten Hunden. Es liegt also auch im Lendenmarke ein Reflexcentrum für die Erection und, wie aus einer Beobachtung von Brachet hervorgeht, auch für die Ejaculation. Druck auf eine Hinterpfote oder electrische Reizung der Gefühlsnerven hebt diese Reflexerection auf, ebenso wie an unversehrten Thieren kräftigere Einwirkung auf sensible Nerven die Erection aufhebt. Hier ist also nicht der Schmerz als solcher das Wirksame, sondern der Vorgang im Nervensysteme, der uns zugleich das Gefühl des Schmerzes hervorruft.

Einen merkwürdigen Reflexhemmungsnerven für das gesammte Gefässsystem haben wir schon früher im N. depressor kennen gelernt.

Untersucht man den Darmkanal, so findet man, dass zwischen den Muskellagen desselben eine grosse Anzahl von mikroskopischen Ganglien zerstreut liegt, der sogenannte Plexus myentericus von Auerbach. Es liegt auf den ersten Anblick der Schluss nahe, dass dies Ganglien seien, welche in ähnlicher Weise, wie die des Herzens, die Pulsationen desselben vermitteln, die zwar nicht rythmischen, aber doch in einer gewissen Reihenfolge ablaufenden Bewegungen des Darmes zu Stande bringen. Man muss aber mit dergleichen Schlüssen vorsichtig sein; denn zerstreute, mikroskopische Ganglien kommen auch anderweitig vor, wo von solchen periodischen oder in einer gewissen Reihenfolge ablaufenden Bewegungen nichts bekannt ist. Sie kommen z. B., wie Jakubowitsch vor einer Reihe von Jahren entdeckt hat, in der Harnblase vor. Es ist überhaupt schwer zu sagen, durch welche Innervationsvorgänge der Motus peristalticus des Darmkanals zu Stande kommt, und wie viel bei demselben jedesmal auf die Erregung von Nervenfasern, und wie viel auf die directe Erregung der Muskelfasern zu rechnen sei. Da dem Darmkanale mit dem Sympathicus die verschiedenartigsten Nervenfasern zugehen, motorische, vasomotorische, hemmende u. s. w., so sind auch die Erscheinungen, welche auf Reizung derselben eintreten, in hohem Grade inconstant. Man hat Bewegungen des ruhenden Darmkanales auf Reizung der N. splanchnici eintreten gesehen. Man hat aber andererseits den bewegten Darmkanal auf Reizung der N. splanchnici zur Ruhe kommen gesehen und hat daraus geschlossen, dass der N. splanchnicus ein Hemmungsnerv für den Darmkanal sei. Alle diese Erscheinungen aber, welche man hier auf Reizung erhält, sind deshalb schwer zu beurtheilen, weil auch noch andere Einflüsse in Betracht kommen als diejenigen, welche man durch die Nervenreizung direct erzeugt. Vor Allem wirkt die atmo-

sphärische Luft ein. Der Einfluss dieser wurde in neuerer Zeit durch Sanders insofern bis zu einem gewissen Grade eliminirt, als die ganzen Versuche in einer Kochsalzlösung von 0,6 % angestellt wurden. Dann wirkt aber auch das Blut ein, welches in grösserer oder geringerer Menge in den Darmkanal hineinfliesst, und namentlich ist es nach den Versuchen von Sigmund Mayer und v. Basch der venöse Zustand des Blutes, welcher Contractionen hervorruft. Sie haben unter allen Umständen, wo das Blut in den Darmgefässen venös wurde, oder wo venöses Blut in die Darmgefässe hineinfloss, Contractionen im Darmkanale eintreten gesehen. Bei dieser Vielfältigkeit der Bewegungsursachen, kann man sich wohl nicht wundern, dass die Resultate der Versuche und die Schlüsse, die aus ihnen gezogen wurden, bei verschiedenen Beobachtern so verschieden ausfielen.

Die motorischen Blasennerven stammen nach Versuchen von Budge aus dem dritten und vierten Sacralnerven. Die zugehörigen centralen Bahnen sollen durch die Vorderstränge und die Corp. restiformia bis in Pedunculi cerebri verfolgt werden können. Blasenlähmungen nach Rückenmarksverletzungen in den verschiedensten Höhen sind auch allen Aerzten wohl bekannt. Nach Gianuzzi und nach Golz bekommen indessen Hunde, denen das Rückenmark durchschnitten ist, meist wieder nach einiger Zeit das Vermögen Harn zu lassen. Der Harn fliesst nicht passiv ab, sondern wird unter Beihülfe des Bulbocavernosus ausgestossen. Bisweilen kann auch solche Harnentleerung durch äusseren Reiz reflectorisch hervorgerufen werden, es muss also ein Reflexcentrum im Lendenmark liegen. Aehnliches findet Golz für den Afterschliesser.

Aehnlichen Schwierigkeiten, wie beim Darm, begegnen wir bei den Bewegungen des Uterus, über welche in neuerer Zeit namentlich von Oser und Schlesinger Versuche angestellt worden sind. Diese haben ergeben, dass auch hier, ähnlich wie dies auch beim Darmkanal beobachtet wurde, Abhalten des Blutes aus den Gefässen des Uterus Contractionen hervorbringt, dass aber der Erfolg einige Zeit auf sich warten lässt. Der Erfolg tritt aber viel plötzlicher auf, wenn man allgemeine oder wenn man Gehirnanämie hervorbringt. Sie überzeugten sich auch durch Durchschneidung der Medulla oblongata zwischen Atlas und Hinterhaupt, dass Impulse vom Gehirne zum Uterus gehen und ihn in Contraction versetzen, und dass sie das Rückenmark entlang fortgepflanzt werden. Die Gehirnanämie wurde nämlich unwirksam, wenn sie die Medulla oblongata durchschnitten hatten, während die locale Anämie noch ihre Wirkung äusserte. Diese Impulse sind aber sicher nicht die einzigen. Ein 24jähriges Mädchen erlitt während der Schwangerschaft einen Bruch des dritten und vierten Halswirbels. Obere und untere Extremitäten waren gelähmt, ebenso Mastdarm und Harnblase. Ebenso verbreitet war die Empfindungslosigkeit. Das Mädchen gebar ohne Schmerzen, aber das Vorhandensein von Wehen, von Uteruscontractionen, konnte objectiv sicher und deutlich constatirt werden. Von besonderem Interesse ist folgende Beobachtung von Golz. Er hatte einer Hündin in ihrer Jugend das Rückenmark in der Höhe des ersten Lendenwirbels durchtrennt. Das Thier war geheilt, aber die Leitung nicht wieder hergestellt. Als es erwachsen war, wurde es brünstig, und Golz liess es belegen. Es gebar ein lebendes Junges, dem noch zwei andere todte

folgten, wenn auch so langsam, dass man die Entbindung durch Kunsthülfe beendigte. Es ist bemerkenswerth, dass das Thier, welches sonst alle männlichen Hunde weggebissen hatte, sich, nachdem es brünstig geworden, gutwillig belegen liess, obgleich ihm doch durch das Rückenmark keinerlei Empfindungen von seinen Geschlechtstheilen aus zugeleitet werden konnten. Es musste dies also entweder durch Bahnen des Sympathicus geschehen, oder es musste, wie es Golz nicht für unwahrscheinlich hält, die geschlechtliche Umstimmung durch eine veränderte Beschaffenheit des Blutes bewirkt sein. Bemerkenswerth ist auch, dass sich sämmtliche Milchdrüsen entwickelten und mit Milch anfüllten, auch die vorderen, und dass das Thier dem Jungen dieselbe Zärtlichkeit und Obsorge zuwendete, wie eine Hündin mit unverletztem Nervensystem.

Gesichtssinn.

Das Auge.

Im Alterthume sah man das menschliche Auge als aus drei Flüssigkeiten und drei Häuten bestehend an. Die drei Flüssigkeiten waren: Der Humor aqueus, der diesen Namen auch jetzt noch trägt. Der Humor crystallinus, den wir jetzt Lens crystallina nennen, und der Humor vitreus, den wir jetzt mit dem Namen des Corpus vitreum bezeichnen. Auch in den drei Häuten der alten Anatomen finden wir unsere Augenhäute wieder; aber die Namen haben mannigfache Wandlungen durchgemacht. Mit dem Namen Sclera, Cornea, Dura bezeichneten die alten Anatomen die jetzige Cornea und Sclerotica zusammengenommen, die äussere Haut des Augapfels. Erst später ist der Name Cornea auf den vorderen durchsichtigen Theil übergegangen, während der Name Sclera oder Sclerotica dem undurchsichtigen Theile geblieben ist. Die zweite Haut der alten Anatomen war die Tunica uvea. Sie war so genannt von einer Weinbeere, an der man den Stengel ausgerissen hat. Es war darunter nichts anderes verstanden, als die jetzige Chorioidea mit Einschluss der Iris, so dass die Pupille das Stengelloch für die Weinbeere darstellte, aus der eben der Stengel ausgerissen war. Diese Haut führte auch zugleich den Namen Chorioeides oder Chorioidea, wie es heisst, weil man ihr eine Aehnlichkeit mit dem Chorion zuschrieb. Später trennte sich der Name so, dass der hintere Theil den Namen Chorioidea behielt, und der Name Uvea, der ursprünglich das ganze bezeichnet hatte, auf den vorderen Theil beschränkt wurde. Der vordere Theil aber, am lebenden Menschen von vorne gesehen, führte schon den Namen Iris, es blieb also jetzt nur übrig, dass eine hintere Partie dieser Iris mit dem Namen Uvea bezeichnet wurde, und daher ist das seltsame Missverständniss gekommen, welches eine Zeit lang herrschte, dass die Blendung aus zwei an einander liegenden und mit einander verwachsenen Häuten bestünde, von welchen die vordere den Namen Iris und die hintere den Namen Uvea führte. Wir werden in dem Folgenden immer den Namen Uvea, in demselben Sinne, wie die alten Anatomen, für die Gesammtheit dieser Haut gebrauchen,

und dagegen den Namen Iris und Chorioidea auf die einzelnen Partien in der jetzt üblichen Weise vertheilen.

Die dritte dieser Häute war die Tunica retina, auch Aranea Arachnoidea, die Spinnwebenhaut genannt. Diese umfasste das, was wir jetzt Retina nennen, ausserdem das, was wir jetzt Zonula Zinnii nennen, und in der ältesten Zeit auch noch die vordere Wand der Linsenkapsel. Die Namen dieser Haut rühren sämmtlich von einen Teile her, den wir jetzt nicht mehr mit dem Namen der Retina bezeichnen. Sie wurde Retina genannt, weil man sie mit einem Netze, das oben zusammengezogen ist, verglich, und der zusammengezogene Theil, der zu diesem Vergleiche Veranlassung gab, war, wie begreiflich, nicht unsere jetzige Retina, sondern die Zonula Zinnii. Auch der Name Aranea oder Arachnoidea rührt von der Zonula Zinnii her, indem man die strahlige Figur, die die Zonula Zinnii von vorne gesehen darbietet, mit dem strahligen Gewebe einer Kreuzspinne verglich. Später wurde die Linsenkapsel als besondere Haut, als Phakoeides, unterschieden, so dass also der Name Retina oder Aranea auf unsere jetzige Retina und auf unsere jetzige Zonula Zinnii, welche noch in verhältnissmässig später Zeit als ein Theil der Retina betrachtet wurde, beschränkt war.

Auch das, was wir jetzt mit dem Namen Conjunctiva bezeichnen, ist in der Weise, wie wir es jetzt beschreiben, erst in verhältnissmässig später Zeit beschrieben worden. Wir finden freilich eine Tunica adnata beschrieben, aber diese entspricht im Alterthume und in der ganzen galenistischen Periode, ja selbst noch bei mehreren Anatomen des 17. Jahrhunderts nicht dem, was wir jetzt Conjunctiva nennen, sondern einem Bindegewebstracte, welcher sich aus der Tiefe der Orbita, vom Rande des Foramen opticum über den Augapfel hin verfolgen lässt. Es ist dies die Capsule du globe de l'œil einiger späterer französischer Anatomen. Vesal leitete als der erste die Conjunctiva so wie wir von der inneren Haut der Augenlider her. In Wahrheit ist unsere Conjunctiva keine selbstständige Membran. So wie wir sie für die anatomische Demonstration präpariren, können wir sie nur darstellen, indem wir eine Menge von Bindegewebe durchschneiden. Wir unterscheiden bekanntlich eine Conjunctiva bulbi und eine Conjunctiva palpebrarum. Wir präpariren sie so, dass wir das ganze Auge mit den Augenlidern ausschneiden und dann das Bindegewebe rückwärts wegnehmen, so dass wir eine sackförmige Haut erhalten, an der, wenn wir sie an den Augenlidern aufheben, der Bulbus hängt, indem er mit der Hornhaut den convexen Boden dieses Sackes bildet. Wir sind aber dabei nur einer Oberfläche gefolgt, die uns durch ihre Erkrankungen ein wesentliches Interesse darbietet, nicht die Oberfläche einer anatomisch selbstständigen Haut darstellt. Wir haben mit dem Messer die Faserzüge durchtrennt, mittelst welcher sich die Substanz der sogenannten Bindehaut in die des tiefer liegenden Bindegewebes der Augenhöhle fortsetzte.

Die Hornhaut.

Die Cornea stellt den Scheitelabschnitt eines etwas schiefliegenden Ellipsoids dar, das man sich durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden denken muss. Sie ist in ihrer ganzen Ausdehnung näherungsweise von gleicher Dicke, beim Erwachsenen aber in der Mitte,

gegen den Corneascheitel hin, etwas dünner, am Rande etwas dicker. Beim Neugebornen findet das Umgekehrte statt, indem bei diesem die Cornea im Scheitel am dicksten ist und ihre Dicke gegen den Rand hin etwas abnimmt. Die Cornea besteht aus vier Schichten: einem vorderen geschichteten Pflasterepithel, dann aus der sogenannten Substantia propria corneae, die bei Weitem die Hauptmasse derselben ausmacht, drittens aus der glasartigen Lamelle der Hornhaut oder der sogenannten Descemet'schen Membran, und endlich aus einem Epithel, das die Descemet'sche Haut rückwärts bekleidet. Das vordere äussere Epithel steht in directem Zusammenhange mit dem der Bindehaut. Die tiefste Schichte desselben besteht aus verhältnissmässig hohen und schlanken Zellen, die durch polyedrische in abgeplattete übergehen, welche an der Oberfläche in mehreren Schichten über einander liegen. Die zweite Schichte, die Substantia propria corneae, hat zu mancherlei Controversen Veranlassung gegeben. Man erkannte frühzeitig, dass sie aus Fasern besteht, und Johannes Müller wusste bereits, dass diese Fasern sich auch in chemischer Hinsicht wesentlich von denen der Sclera und vom Bindegewebe und fibrösen Gewebe überhaupt unterscheiden. Er fand, dass diese Fasern beim Kochen Chondrin geben. Er sagte deshalb, die Cornea sei der einzige wahre Faserknorpel, weil der gewöhnlich sogenannte Faserknorpel aus leimgebenden Fasern und Knorpelsubstanz, die zwischen den leimgebenden Fasern eingesprengt ist, besteht. Später ist die faserige Natur der Cornea geläugnet worden. Man hat sie als lediglich aus Lamellen bestehend dargestellt. Rollett hat aber nachgewiesen, dass die alte Ansicht, dass die Cornea aus Fasern bestehe, die richtige ist. Man hatte immer den Vorwurf erhoben, dass die Fasern durch künstliche Spaltung, durch Bearbeiten der Cornea mit der Nadel hervorgebracht würden; die Streifung, die man auf dem Schnitte sehe, rühre nicht von Fasern, sondern von Lamellen her. Rollett wies aber nach, dass man auch ohne Anwendung von Nadeln die Fasern erhalten könne, wenn man die Kittsubstanz, die dieselben hier, wie im Bindegewebe, miteinander verbindet, durch übermangansaures Kali zerstört. Dann kann man durch blosses Schütteln die ganze Cornea in ein Haufwerk von Fasern auflösen. Diese Fasern liegen in Bündeln, die mattenartig durchflochten sind und gerade in der menschlichen Cornea einen verhältnissmässig unregelmässigen Verlauf haben. Schon bei den Wiederkäuern haben diese Bündel eine etwas regelmässigere Lage, kreuzen sich mehr unter rechten Winkeln. In noch höherem Grade ist dies bei den Vögeln der Fall. In dem von ihnen gebildeten Mattenwerk sind bestimmt geformte und begrenzte Zwischenräume, und diese sind von lebenden Zellen bewohnt, welche den Bindegewebskörperchen analog sind, und die man hier mit dem Namen der Corneakörperchen bezeichnet. Diese Zellen haben aber nicht alle feste Wohnsitze. Sie strecken zum Theil nicht nur wie andere amöboide Zellen Fortsätze aus und ziehen sie zurück, sondern sie strecken Fortsätze in der Weise aus, dass sie sich in ein langes, keulenförmiges Gebilde verwandeln. Der Fortsatz ist in einen Communicationsgang zwischen zwei grösseren Räumen hineingesteckt, und wird immer weiter bis in den anderen Raum vorgeschoben, dann immer mehr und mehr von dem Protoplasma nachgezogen, so dass endlich die Figur einer Keule in umgekehrter Lage entsteht, dass sich der Zellenleib dort befindet,

wo früher die Spitze des Fortsatzes war. Der Fortsatz, der jetzt dem Protoplasmaleibe nachschleppt, wird endlich eingezogen, und auf diese Weise hat die ganze Zelle einen Weg in der Cornea zurückgelegt. Diese Zellen sind die sogenannten Wanderzellen der Cornea.

Recklinghausen hat vor einer Reihe von Jahren gezeigt, dass auch Lymphkörperchen in die interstitiellen Gewebsräume der Cornea einwandern können. Er zerstörte in einer Hornhaut auf mechanischem Wege die darin enthaltenen Hornhautkörperchen. Hierauf brachte er sie in den Lymphraum eines Frosches und fand nun, dass die amöboiden Zellen, die Lymphkörperchen aus dem Lymphraume des Frosches in die Cornea einwanderten und sie von Neuem bevölkerten. Die Cornea niederer Thiere, namentlich die der Frösche und der Salamander, gibt das beste Object ab, um die Wanderung von amöboiden Zellen, wie sie unzweifelhaft auch an anderen Orten im menschlichen Körper stattfindet, zu beobachten. Sie wird frisch ausgeschnitten und als Ganzes in der feuchten Kammer, von der mehrere Formen von Recklinghausen und von Stricker angegeben wurden, vor Verdunstung geschützt, beobachtet. Dann sieht man, wie diese Zellen ihre Fortsätze ausstrecken und einziehen, wie sie ihren Ort verändern u. s. w.

Man hat an der Substantia propria corneae oder vielmehr zwischen ihr und dem Epithel eine Tunica elastica anterior beschrieben, so dass man dann die Descemet'sche Haut als Tunica elastica posterior bezeichnete. Eine solche selbstständige Tunica elastica anterior existirt aber nicht, sondern nur eine festere, dichtere, oberflächliche Lage der Substantia propria corneae. Sie kommt dadurch zu Stande, dass zahlreiche Bündel von Fasern an die Oberfläche gehen, an derselben flache Bögen bilden und dann wieder in die Tiefe hinabsteigen. Hiedurch entsteht ein dichteres und festeres Geflecht, das weniger Lücken, also auch weniger Hornhautkörperchen enthält als die tiefern Schichten, aber aus denselben Elementartheilen gebildet ist, wie diese und sich durch keine bestimmte Grenze von ihnen scheidet. Es ist freilich behauptet worden, dass man zwischen dem Epithel und der Substantia propria corneae auf Querschnitten eine Zwischenschicht wahrnehme, welche durch einen deutlichen Contour von der Substantia propria corneae abgesetzt sei. Das beruht aber auf einer Täuschung. Es rührt dies daher, dass man ziemlich dicke Schnitte unter das Mikroskop brachte, in welchen die Grenzfläche zwischen Substantia propria corneae und Epithel schief gegen die Axe des Mikroskops geneigt verlief. Nun sah man eine Trennungslinie zwischen dem Epithel und der vermeintlichen Tunica elastica anterior: das war die Durchschnittslinie jener Grenzfläche an der einen Seite des Schnittes, und eine andere sah man zwischen der vermeintlichen Tunica elastica anterior und der Cornea: das war der Durchschnitt jener Trennungsfläche an der anderen Seite des Schnittes. Wenn man mit starken Vergrösserungen arbeitet, so dass man bei dergleichen dicken Schnitten nur die eine oder andere Ebene, die der oberen Seite oder die der unteren Seite, niemals beide zugleich, deutlich sieht; dann überzeugt man sich durch Einstellen, dass man es nicht mit zwei nebeneinander liegenden Grenzflächen zu thun hat, sondern mit einer schief verlaufenden Trennungsfläche, deren Durchschnitt sich beim Hinauf- und Herunterschrauben des Mikroskops im Sehfelde verschiebt.

Auf die Substantia propria corneae folgt die Descemet'sche Haut. Diese ist eine glasartige, structurlose Membran. Sie ist so gleichmässig durchsichtig, dass, wenn ein Lappen von ihr unter dem Mikroskope liegt, der das halbe Sehfeld einnimmt, man nicht weiss, auf welcher Seite der Schnitt liegt, und auf welcher Seite kein Object vorhanden ist. Nur auf Schnitt- und auf Rissflächen sieht man eine leichte Streifung, welche auf einen lamellösen Bau schliessen lässt. Beim Menschen bringt man sie gewöhnlich nur in kleineren Stücken herunter, die, wenn sie etwas grösser sind, sich krümmen und einrollen, in ähnlicher Weise wie ein Papier, das längere Zeit zusammengerollt gewesen ist. Bei manchen Thieren aber, beim Kaninchen und mehr noch beim Hasen, kann man sie durch Maceration als Ganzes darstellen. Sie wurde unter verschiedenen Namen beschrieben: als Membrana Descemetii, Membrana Demoursii, Membrana Duddeliana, Membrana humoris aquei u. s. w. Wenn man sie nach ihrem Entdecker nennen will, muss man sie Membrana Descemetii nennen, weil sie Descemet zuerst und richtig beschrieben hat. Den Namen der Membrana humoris aquei hat man ihr irrthümlicher Weise gegeben, indem man glaubte, dass sie die ganzen Augenkammern auskleide und den Humor aqueus absondere. Es hing das mit gewissen Vorstellungen zusammen, nach welchen die Flüssigkeiten, welche sich in den serösen Höhlen befinden, von den Häuten, die diese Höhlen begrenzen, durch eine eigene specifische Thätigkeit abgesondert werden sollten. Wir wissen aber heutzutage, dass es nicht die serösen Häute als solche, sondern vielmehr die Blutgefässe sind, welche in dem durch ihre Wandungen gedrungenen Plasma das Material zu solchen Flüssigkeiten hergeben. Wenn es aber eine Haut gibt, die ungeeignet wäre, Flüssigkeiten abzusondern, so ist es gewiss die Descemet'sche Haut, weil sie fester, widerstandsfähiger, undurchgängiger ist, als irgend eine Membran des menschlichen Körpers, die Linsenkapsel etwa ausgenommen. Man kann mit mehr Wahrscheinlichkeit sagen, dass ihr wesentlicher Nutzen darin besteht, dass sie die hintere Fläche der Cornea mit einer für wässerige Flüssigkeiten schwer durchgängigen Schichte bekleidet und so die Infiltration des Humor aqueus in die Cornea beschränkt. Ihre Widerstandsfähigkeit zeigt sich auch bei Geschwürsbildungen. Wenn ein trichterförmiges Geschwür schon die ganze Substantia propria corneae durchbrochen hat, sieht man noch im Grunde des Geschwürs die Descemet'sche Membran erhalten, so dass sie wie eine helle, durchsichtige Perle im Grunde des Geschwürs steht und erst nach längerer Zeit durchbrochen wird. Ferner zeigt sie sich sehr widerstandsfähig gegen Reagentien und widersteht dem Kochen lange Zeit. Sie bekleidet, wie gesagt, die Rückseite der Cornea, geht aber nicht auf die Iris über, sondern hört an der Grenze der Sclera mit einem zugeschärften Rande auf, der sich zwischen diese und den an ihr angehefteten Ciliartheil der Iris einschiebt, und an dessen Innenseite sich der später zu beschreibende Musculus tensor chorioideae ansetzt. Nach innen ist sie mit einem einschichtigen Pflasterepithel bekleidet, das aus einer einfachen Lage durchsichtiger Zellen mit stark prominirenden Kernen besteht. Dieses Epithel der Descemet'schen Haut setzt sich auf die Iris fort und geht in die oberste Lage der Zellen über, welche die Iris nach vorne zu überkleiden.

Die Nerven der Cornea kommen von den Ciliarnerven und treten ringsum am Rande der Hornhaut als kleine Stämmchen ein. Sie ver-

zweigen sich in der ganzen Ausdehnung derselben und scheinen in zweierlei Weise zu endigen. Zunächst in der Tiefe der Cornea. Hier hat Kühne auf ein eigenthümliches Verhalten der Nerven zu den Hornhautkörpern aufmerksam gemacht. Er fand, dass diese, wenn sie ihre Fortsätze ausgestreckt hatten, durch letztere wenigstens theilweise mit den Enden der Nervenfasern in Verbindung standen. Reizte er die Nerven, so zogen die Corneakörperchen ihre Fortsätze ein und standen nun nicht mehr mit den Nervenfasern in Verbindung, so dass hier kein wirkliches Zusammenhängen, sondern nur eine Aneinanderlagerung von Fortsätzen und Nervenfasern stattfindet und doch eine Uebertragung der Erregung, wenn man nicht etwa annehmen will, dass die Verbindung vorher eine wirkliche war und durch die plötzliche Contraction zerriss. Der Zusammenhang der Nervenfasern mit den Hornhautkörperchen ist mehrfach bestritten, aber in neuester Zeit von Königstein insofern bestätigt worden, als er an Hornhäuten, die mit Gold gefärbt waren, die Hornhautkörperchen noch an den Nervenfäden hängend fand, nachdem er die Fasern durch Salzsäure zerstört hatte. Mit der anderen Art der Endigung der Nervenfasern sind wir durch die Untersuchungen von Cohnheim bekannt gemacht worden. Er fand an Goldpräparaten, dass auf der oberen Schichte der Substantia propria corneae ein dichter Plexus von sehr feinen marklosen Fasern liege, die sich nach rückwärts bis zu den schon früher bekannten tieferliegenden Fasern verfolgen liessen. Von diesem dringen sehr feine marklose Fäden nach aufwärts zwischen die Epithelzellen, um zwischen denselben blind zu endigen.

Blutgefässe hat nur der Randtheil der Cornea. Sie kommen von der Conjunctiva und überschreiten den Rand der Cornea an beiden Seiten etwa um 1 Mm., von unten her etwa um $1\frac{1}{2}$ Mm., und von oben her etwa um 2 Mm. Es entsteht dadurch ein gefässfreies Feld auf der Cornea, welches seiner Gestalt nach einer Ellipse mit horizontal liegender grosser Axe nahe kommt. Am Rande dieser Ellipse endigen die Blutgefässe mit arkadenförmigen capillaren Schlingen. Man hat der übrigen Hornhaut noch ein System von feineren Gefässen, welches von den Capillargefässen aus gespeist werden soll, zugeschrieben, ein System von so feinen Gefässen, dass in sie keine Blutkörper eindringen, sondern nur Plasma. Ein solches existirt hier nicht. Man glaubte die speisenden Capillaren in feinen radial verlaufenden und anscheinend blind endigenden Gefässen am Hornhautrande zu sehen. Aber diese sind nichts anderes als die radial verlaufenden Schenkel der Endschlingen. Wenn man dergleichen Injectionen im frischen Zustande untersucht, so findet man noch Blutkörperchen im Verbindungstheile zweier solcher Schenkel angesammelt. Diese Bilder entstehen dadurch, dass die Injectionsmasse von beiden Seiten eine Portion Blut zwischen sich eindrängt und nun nicht die ganze Schlinge erfüllen kann.

Man hat sich vielfach auf die pathologischen Erscheinungen berufen und gesagt, es müssten normaler Weise in der Hornhaut Gefässe vorhanden sein, weil diese bei Entzündung derselben so rasch erscheinen. Diese Beweisführung hat aber heutzutage keinen Werth mehr, seit man die Geschwindigkeit kennt, mit welcher sich pathologische Gefässe bilden können. Früher als man sich noch der erstarrenden, körperlichen Injectionsmassen bediente, konnte man glauben, dass hier in der That ein feines Gefässnetz sei, welches nur äusserst schwer injicirt wird. Heut-

zutage aber, wo wir mit Injectionsmassen, die keine festen Körper enthalten, mit Carmin, löslichem Berlinerblau u. s. w. injiciren, können wir mit Sicherheit sagen, dass hier keine Gefässe vorhanden sind, da an gesunden Augen sich die Gefässgrenze immer in ein und derselben Weise darstellt.

Lymphgefässe sind auch in der Cornea beschrieben worden. Es ist keine Frage, dass, wenn man einen Einstich macht und eine gefärbte Masse hineintreibt, mittels derselben ein System von interstitiellen Gewebsräumen, von Saftkanälen, zwischen den Fasern der Cornea erfüllt wird. Es sind dies dieselben interstitiellen Gewebsräume, in welchen die Corneakörperchen theils liegen, theils ihre Wanderungen vollziehen, erweitert und gelegentlich auch vermehrt durch den Druck der Injectionsmasse. Von wirklichen Lymphgefässen kann aber hier keine Rede sein, schon deshalb nicht, weil hier keine Blutgefässe vorhanden sind, und bekanntlich die Lymphgefässe immer nur die Kanäle darstellen, die das in den Capillaren überflüssig ausgeschiedene Plasma zurückführen.

Die Sclerotica.

Die Sclerotica ist eine fibröse Membran. Sie ist am dicksten am hinteren Umfange des Auges, verdünnt sich dann gegen den Aequator des Augapfels hin und dann noch mehr unter den Ansätzen der geraden Augenmuskeln; dann verdickt sie sich wieder, indem die Fasern von den Sehnen der geraden Augenmuskeln nach vorne und nach den Seiten hin in sie ausstrahlen und so gewissermassen, indem sie sich mit den Scleroticafasern verflechten, eine neue Schicht bilden. Diese vordere Verdickung, welche die Sclera unter Mitwirkung der Sehnen der geraden Augenmuskeln erfährt, ist als eigene Membran, als die sogenannte Tunica innominata Columbi beschrieben worden. Sie stellt aber keine solche dar, sondern lässt sich nur gewaltsam mit dem Messer ablösen. Die Sclera ist verhältnissmässig gefässarm und enthält unter ihrer inneren Oberfläche ein ziemlich weitmaschiges Netz von Capillaren. An der Eintrittsstelle des Sehnerven findet sich ein schon Haller bekannter, arterieller Gefässkranz, der zahlreiche Aeste in das Bindegewebe sendet, welches die einzelnen Bündel der Sehnervenfasern von einander trennt. An der inneren Seite der Sclera hat man eine Lamina fusca scleroticae unterschieden. Unter diesem Namen sind aber zwei verschiedene Dinge beschrieben worden. Bei vielen Thieren hat die innere Partie der Sclera selbst Pigmentzellen, so dass die innere Oberfläche derselben gefärbt ist; und das hat man als Lamina fusca scleroticae beschrieben. Andererseits aber befindet sich zwischen der Chorioidea und der Sclera ein zartes, bei brünetten Menschen pigmentirtes Gewebe, das seinem histologischen Charakter nach dem Stroma der Chorioidea gleich ist, das aber häufig der Sclera fester anhaftet als der Chorioidea, so dass es, wenn man in der gewöhnlichen Weise die Sclera von der Chorioidea abtrennt, als ein weicher, gefärbter Ueberzug auf der Innenfläche der Sclera bleibt. Auch dieses Gewebe ist mit dem Namen der Lamina fusca scleroticae bezeichnet worden.

Die Sclera ist bald mehr kugelförmig, bald bildet sie ein schiefliegendes Ellipsoid, das man sich durch Umdrehung einer Ellipse um

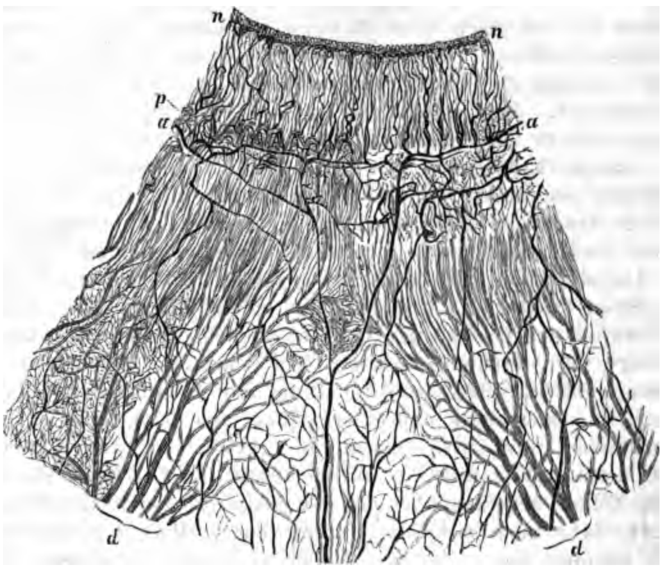
ihre kleine Axe entstanden denken kann: seltener bildet sie ein schiefliegendes Ellipsoid, das man sich durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden denken kann. Letzteres kommt bei den sehr langen Augen vor, die wir später als die sehr kurzsichtiger Individuen kennen lernen werden. Man sagt gewöhnlich, dass sie nach vorn mit der Cornea in der Weise verbunden sei, dass die Cornea wie ein Uhrglas in eine Uhr in sie eingesetzt sei. Das ist aber nicht ganz richtig. Das Uhrglas ist in die Uhr mittels eines eigenen Falzes eingefasst, und dem entsprechend sprach man auch von einem Falze der Sclera, in welchen die Cornea eingesetzt sei. Ein solcher Falz aber existirt nicht, sondern die Grenze zwischen Cornea und Sclera läuft von vorne nach hinten geradlinig fort und zwar an den Seiten ziemlich der Augenaxe parallel, oben und unten aber gegen diese geneigt und zwar in der Weise, dass sie sich nach vorn zu derselben nähert, nach rückwärts sich von derselben entfernt. Die vordere Ansicht der Hornhaut stellt deshalb eine querliegende Ellipse dar, während sie von rückwärts kreisförmig erscheint. Bei diesem theilweise schrägen Verlaufe zwischen Cornea und Sclera kann man bei der beträchtlichen Dicke der Häute schon in einiger Entfernung von der äusserlich sichtbaren Grenze zwischen Cornea und Sclera ein Instrument durch die letztere bringen und gelangt mit demselben doch noch in die vordere Augenkammer. Erst wenn man noch weiter nach rückwärts eingeht, kommt man in die hintere Augenkammer und zum Linsenrande. Die Descemet'sche Haut hört an dieser Stelle, wie erwähnt, mit einem zugeschärften Rande auf. Unmittelbar an der Grenze der Cornea, aber noch in der Substanz der Sclera, liegt der sogenannte Canalis Schlemmii. Schlemm fand an Erhängten einen mit Blut gefüllten Ring, der die Peripherie der Cornea umfasste. Er untersuchte denselben näher und fand, dass er in jedem Auge vorhanden, nur nicht stets mit Blut gefüllt sei, dass man ihn aber an jedem Auge mit Quecksilber füllen könne. Er beschrieb diesen Ring, der schon früher gesehen, aber mit dem später zu beschreibenden Canalis Fontanae, dann auch mit dem Circulus venosus Hovii verwechselt war, als einen venösen Sinus, der die Cornea umfasse, und dieser Sinus ist nach ihm der Canalis Schlemmii genannt worden. Er ist aber kein einfacher Sinus im gewöhnlichen Sinne des Wortes, sondern er besteht, wie spätere Untersuchungen gezeigt haben, aus mehreren Venen, die sich zu einem ringförmigen Plexus vereinigen und die Peripherie der Cornea umfassen.

Die Tunica uvea.

Die Tunica uvea kann räumlich eingetheilt werden in die Blendung, in den Ciliartheil (Corpus ciliare) und in die Chorioidea im engeren Sinne des Wortes. Wenn man sich von dem Aufbaue der Uvea eine Vorstellung machen will, so fängt man am besten mit der Beschreibung der Gefässe an, die hier einen grösseren Bruchtheil der Gesammtmasse als bei den meisten andern anatomischen Gebilden ausmachen. Erst durch eine ausgezeichnete von Leber im Ludwig'schen Laboratorium ausgeführte Arbeit haben wir eine richtige Einsicht in die Anordnung derselben und in den Blutlauf des Augapfels erhalten.

Man muss dreierlei arterielle Zuflüsse unterscheiden. Erstens die Arteriae ciliares posticae breves, kleine Stämmchen, die etwa zwanzig an der Zahl am hinteren Pole des Auges und im Umkreise des Sehnerven die Sclera durchbohren, in die Chorioidea eintreten, sich in derselben verbreiten und ein reiches, dichtes Capillarnetz bilden, welches die innerste Schichte des Gefässgerüstes bildet. Die Capillaren liegen also hier nach innen von den Arterien und Venen. Zweitens muss man die Arteriae ciliares posticae longae (Fig. 18 *l*) unterscheiden, die zwei an der Zahl, die eine an der Schläfenseite, die andere an der Nasenseite nach vorwärts gehen, sich, wenn sie im Ciliartheile der

Fig. 18.



Chorioidea angelangt sind, gabelförmig theilen und mit ihren Aesten einen Kranz bilden, indem diese miteinander anastomosiren. Dieser Kranz umfasst die Iris und heisst der Circulus iridis arteriosus major (F. 18 *a*, *a*). Von diesem gehen Aeste in den Ciliartheil der Chorioidea, in den später näher zu beschreibenden Spannmuskel und in die Ciliarfortsätze. Ein anderer Theil der Aeste geht in die Iris. Die dritte Art der arteriellen Zuflüsse besteht in kleinen Aesten, die sich von den Augenmuskelarterien abzweigen, die Sclera in ihrem vorderen Theile durchbohren (Fig. 19 *c c*) und ihr Verbreitungsgebiet theils im Ciliartheile der Chorioidea, theils in der Iris haben. Diese Gebilde haben also zweifache arterielle Zuflüsse, die einen durch die Arteriae ciliares posticae longae, die anderen durch die Arteriae ciliares anticae.

Figur 18 und 19 nach Leber.

Die Arterien der Blendung bilden nahe dem Pupillarrande einen zweiten Anastomosenkranz, den Circulus iridis arteriosus minor (Fig. 18 *n*, *n*). Das Venenblut, das aus dem vorderen Theile der Uvea zurückgeführt wird, hat verschiedene Abflüsse. Es geht theils durch Venen ab, welche als Venae ciliares anticae bezeichnet werden, am vorderen Theile des Auges durchbohren und mit den Venen des Canalis Schlemmii, die aber kein Irisblut aufnehmen, zusammenhängen: theils fliesst es durch die Venennetze der Processus ciliares, Fig. 18 *p*, Fig. 19 *b*, die der Hauptsache nach von den Irisvenen gespeist werden, aber auch etwas Blut aus dem nach aussen von ihnen liegenden Spannmuskel aufnehmen. Diese Venennetze, welche das eigentliche Gerüst der Ciliarfortsätze bilden, sind, 70 bis 72 an der Zahl, zwischen die Falten der Zonula Zinii eingesenkt. Aus ihnen verlaufen die Venen in kleinen, parallel neben einander liegenden Stämmen nach rückwärts bis zur Ora serrata retinae, wo das Capillarnetz der Chorioidea beginnt. Sie nehmen dessen Blut auf und setzen sich zu grösseren Aesten (Fig. 18 *d*) zusammen, die in bogenförmigem Verlaufe in sechs, bisweilen auch nur in fünf oder vier Stämme zusammenfliessen, so dass springbrunnenförmige Gefässfiguren entstehen, die schon mit blossem Auge und ohne Injection als solche kenntlich sind. Da sind die Vasa vorticosa Stenonis, so genannt nach dem dänischen Anatomen Stenson. Diese also führen, indem sie nicht weit hinter dem Aequator die Sclerotica durchbohren, den bei weitem grössten Theil des Venenblutes der Uvea aus dem Augapfel ab.

Fig. 19.



Die Tunica uvea enthält drei Muskeln. Erstens den M. tensor chorioideae, der mit einer Insertion, die, aus verzweigtem, netzförmigem Bindegewebe gebildet, am Rande der Descemet'schen Haut befestigt ist. Die Fasern laufen nach rückwärts und setzen sich an die Chorioidea an. Es sind glatte, organische Muskelfasern. Wenn sich diese Fasern contrahiren, so ist es begreiflich, dass sie die Chorioidea um die Retina und den Glaskörper anspannen müssen. Ich habe deshalb diesen Muskel Tensor chorioideae benannt. Er wird in neuerer Zeit auch als Ciliarmuskel bezeichnet. Gegen diesen Namen ist einzuwenden, dass er insofern zu Verwechslungen Anlass geben kann, als man früher irrthümlicher Weise Muskeln in den Ciliarfortsätzen angenommen hat, die zur Linse gehen sollten, und diese vermeintlichen Muskelfasern mit dem Namen des M. ciliaris belegte. Später ist von Heinrich Müller noch eine tiefere, circuläre Schicht des Tensor beschrieben worden. In neuerer Zeit sind gegen dieselbe Zweifel erhoben. Es ist sicher, dass die Fasern der tieferen Schichte meist weniger gerade von vorn nach hinten verlaufen, als die der oberflächlichen. Man sieht auf Meridianschnitten vom Tensor chorioideae meistens zahlreiche Querschnitte von Muskelfasern nach innen von den Längsschnitten. Nun bekommt man aber leicht von

schräg verlaufenden Muskelfasern Querschnitte, und ausserdem geschieht es bei der Weichheit der Gebilde, dass, wenn die oberflächlichen Fasern sich etwas zusammenziehen, die tiefer liegenden sich im Zickzack biegen, und dadurch Querschnitte entstehen. Es ist nun in neuerer Zeit angegeben worden, dass man bisweilen glückliche Schnitte erhalte, auf denen gar keine Querschnitte von Muskelfasern zu sehen sind. Aber diese können wiederum nicht als beweisend betrachtet werden gegen die Existenz eines inneren Ringmuskellagers, denn nach den Untersuchungen von Iwanoff verhalten sich verschiedene Augen sehr verschieden. Nach ihm fehlt das Ringmuskellager in kurzsichtigen Augen in der Regel, ist aber in solchen, die in der Richtung der Axe besonders kurz sind, und die wir später unter dem Namen der hypermetropischen kennen lernen werden, auffallend stark und deutlich entwickelt.

Der zweite Muskel ist der Sphincter pupillae; der als ein Band von etwa 1 Mm. Breite die Pupille umgibt und hier, abgesehen von der hinteren Pigmentlage, sich durch die ganze Iris erstreckt. Von ihm aus lässt sich der viel ausgedehntere, aber viel dünnere M. dilatator pupillae verfolgen. Dieser inserirt sich einerseits am Sphincter pupillae, andererseits an der Verbindung des Margo ciliaris Iridis mit dem Ciliartheile der Chorioidea. Er bildet eine dünne radiale Lage, die nach hinten von den Blutgefässen, aber nach vorn von der hinteren Pigmentbekleidung der Iris liegt.

Das Stroma, in welches alle diese Gebilde eingelagert sind, ist sowohl bei der Chorioidea als bei der Iris verzweigtes Bindegewebe. Die braunen und die schwarzen Augen sind solche, in denen dieses Stroma pigmentirt ist, die blauen sind solche, bei denen dieses Stroma nicht pigmentirt ist, wo deshalb das durchscheinende Gewebe der Iris als ein trübes Medium vor einem dunklen Hintergrunde, vor der hintern Pigmentbekleidung der Iris, liegt. Da dieses Stroma sein Pigment erst im extrauterinen Leben bekommt, so werden alle Kinder mit blauen Augen geboren, wie dies schon Aristoteles gewusst hat. Er sagt: Alle Kinder werden mit dunkelblauen Augen geboren und erst später bekommen sie braune oder hellblaue Augen. Das letztere ist ebenfalls ganz richtig. Die Augen werden heller blau, weil die Masse des trübenden Gewebes sich vermehrt, und deshalb eine grössere Menge Lichtes reflectirt wird, als dies beim Neugebornen der Fall ist. — Dieses verzweigte Bindegewebe bildet einen dichten Filz, so dass namentlich in der Chorioidea des Erwachsenen es kaum noch möglich ist, die einzelnen Zellen mit ihren Fortsätzen von einander zu isoliren. Man kann aber bei schwach pigmentirten Augen sehr gut einzelne stark pigmentirte Zellen mit ihren Ausläufern in der schwächer pigmentirten Umgebung wahrnehmen.

Das Stroma der Chorioidea wird, wenn man von aussen nach innen fortschreitet, immer fester und schliesst nach innen zu ab mit einem dünnen glashellen, von feinen, wie es scheint, elastischen Fasern durchzogenen Häutchen, Köllikers Glashaut oder elastischer Lage der Chorioidea.

Das Innere der ganzen Chorioidea ist von einer Schicht von Zellen ausgekleidet, welche ihrer Entwicklung nach schon zur Retina gehört, anatomisch aber zur Chorioidea gerechnet wird. Sie ist in allen Augen mit Ausnahme derer von Albinos pigmentirt. Es ist dies die sogenannte

innere Pigmentauskleidung der Chorioidea. Sie besteht aus sechseckigen, sehr regelmässigen Zellen, die mit körnigem Pigmente erfüllt sind und in welche die äussersten Elemente der Retina, die Stäbchen und Zapfen, eingesenkt sind. Nach den Untersuchungen von Ant. Frisch wird das Pigment erst nach dem Tode rundkörnig oder, wie es oft abgebildet wird, nierenförmig. Im Leben stellt es scharfkantige Gestalten dar, oft prismen- oder schienenförmig, die sich in die Zwischenräume zwischen den Enden der Retinastäbchen einschieben. Die Zellen setzen sich nach vorne zu fort, werden im Ciliartheile der Chorioidea mehr platt und geschichtet, überziehen die Processus ciliares, und das Lager erreicht seine grösste Dicke an der hinteren Seite der Iris, wo es sich bis zum Rande derselben fortsetzt. Es ist in diesem ganzen Verlaufe pigmentirt, nur auf den Firsten der Ciliarfortsätze ist es bei Erwachsenen nicht pigmentirt. Wenn man deshalb das Auge eines Erwachsenen durchschneidet und die vordere Hälfte desselben von rückwärts ansieht, so sieht man um die Linse herum einen weissen Strahlenkranz, der durch die nicht pigmentirten Firsten der Ciliarfortsätze hervorgebracht wird. Bei neugebornen Kindern ist dies nicht der Fall.

Die Nerven der Tunica uvea sind die Ciliarnerven. Sie durchbohren die Sclerotica in vierzehn, selten weniger, häufig mehr Stämmen an ihrer hinteren Hemisphäre in der Richtung von hinten nach vorn, so dass sie häufig in einer Länge von drei bis vier Millimetern in derselben verharren. Der grösste Theil derselben nimmt seinen Ursprung aus dem Gangl. ciliare, durch das sämmtliche motorische Fasern für das innere Auge gehen, während demselben ein Theil der sensiblen durch die N. ciliares longi aus dem Nasociliaris zukommt. Die auf und in dem Gewebe der Chorioidea nach vorn verlaufenden Ciliarnerven verzweigen sich im Ciliartheil, zumeist im Spannmuskel der Chorioidea, dann in der Iris und in der Hornhaut.

Die Tunica uvea ist mit dem Rande der Descemet'schen Haut und der Sclera durch die Insertion des Spannmuskels der Chorioidea verbunden, und andererseits gehen nach vorne von dieser Fasern von dem Gewebe der Iris an die Descemet'sche Haut, so dass, wenn man die Iris etwas anzieht, diese Fasern, über welche das Epithel hinübergeht, sich in kleinen Riffen anspannen. Die gestreifte Verbindung, die auf diese Weise entsteht, ist das sogenannte Ligamentum iridis pectinatum. Zwischen diesen Verbindungsstellen, zwischen der Uvea einerseits und der Cornea und Sclera andererseits ist mehrfach ein Kanal unter dem Namen des Canalis Fontanae beschrieben worden. Der eigentliche Canalis Fontanae, d. h. das, was Fontana an Ochsenaugen als solchen beschrieben hat, existirt im Menschenauge nicht. Beim Menschenauge liegen die Befestigung der Iris an die Cornea und die Insertion der Tensor chorioideae unmittelbar nebeneinander. Beim Ochsenauge dagegen besteht eine Verbindung zwischen Iris einerseits und Cornea und Sclera andererseits, und dann kommt erst nach einer Strecke die Insertion des Tensor chorioideae, welche die zweite Verbindung der Uvea und der Sclera darstellt. Zwischen diesen beiden Verbindungen liegt nur lockeres Chorioidealstroma, so dass man, wenn man Quecksilber hineinlaufen lässt, einen ringförmigen Raum erfüllen kann, der nach innen von der Uvea, nach vorn von der Verbindung der Iris mit der Cornea, nach hinten

von der Verbindung des Tensor chorioideae mit der Sclera und nach aussen von der Sclera begrenzt ist. Dieser Raum war es, welchen Fontana in einem Briefe an den Anatomen Murray als einen von ihm neuentdeckten Kanal beschrieb. Dieser Kanal wurde mit dem Canalis Schlemmii verwechselt, indem man Schlemm, als er seinen Kanal beschrieb, den Vorwurf machte, dass derselbe nichts sei, als der längst bekannte Fontana'sche Kanal. Das ist aber unrichtig, denn der Schlemm'sche Kanal ist ein ringförmiger Venenplexus, welcher in der Sclera liegt, während der Fontana'sche Kanal kein Venenplexus ist und auch kein Sinus, und nicht in der Sclera liegt, sondern zwischen der Sclera und der Uvea. Der Canalis Fontanae ist ferner mit dem Circulus venosus Hovii verwechselt worden. Dieser ist aber erstens vom Canalis Fontanae gänzlich verschieden, und zweitens ist der Circulus venosus Hovii im menschlichen Auge auch nicht vorhanden. Dieser Circulus venosus Hovii, der in der berühmten Dissertation von Hovius de circulari motu in oculis beschrieben wurde, ist nichts anderes als eine grosse Venenanastomose zwischen den Aesten der Vasa vorticosa, die den hinteren Rand des Tensor chorioideae umfasst, während der wahre Canalis Fontanae nach vorn vom Tensor Chorioideae liegt.

Ausser ihrer Verbindung mit der Sclera und Cornea hat die Uvea noch eine Verbindung mit der Zonula Zinnii, die darin besteht, dass die Ciliarfortsätze in den Falten der Zonula Zinnii stecken und mit denselben verklebt sind. Da andererseits die Zonula Zinnii sich an die Linsenkapsel ansetzt, so ist hiemit eine indirecte Verbindung zwischen der Linsenkapsel und der Tunica uvea hergestellt. Es ist aber unrichtig, wenn behauptet wird, dass die Ciliarfortsätze selbst bis an die Linse heranreichen. Es ist dies an der Leiche nicht der Fall und auch nicht im Leben. Man kann sich davon überzeugen an Albinos, d. h. an solchen Individuen, bei welchen mit den übrigen sonst mehr oder weniger pigmentirten Geweben die Uvea und ihre Auskleidung nicht pigmentirt und deshalb durchscheinend ist, so dass die Augen durch die Farbe des Blutes roth erscheinen. Bei diesen kann man bei passender Beleuchtung durch die Iris hindurch erstens den Rand der Linse und zweitens auch die Enden der Ciliarfortsätze sehen. Professor Otto Becker hat mir einmal einen solchen Albino vorgestellt, den er selbst bereits untersucht hatte, und bei dem man sich mit Leichtigkeit überzeugen konnte, dass sowohl bei der Accommodation für die Nähe, als auch beim Sehen in die Ferne, kurz unter allen Umständen immer noch ein kleiner Raum zwischen den Enden der Ciliarfortsätze und der Linsenkapsel blieb.

Dagegen ruht die Iris mit ihrem Pupillarrande auf der Linse auf, wie dies in dem bekannten Augendurchschnitte von Arlt dargestellt worden ist, und schleift bei ihren Bewegungen auf der Oberfläche der Linse. Damit hängt die Ruhe und die Regelmässigkeit ihrer Bewegungen zusammen, denn bei Augen, bei welchen die Linse aus ihrer Lage gebracht oder extrahirt ist, sieht man nicht selten die Iris schlottern, kleine wellenförmige Bewegungen an ihrem Pupillarrande ausführen. Mit dem Schleifen des Pupillarrandes auf der Linse hängt es auch zusammen, dass, wenn die Iris sich contrahirt, der Pupillarrand etwas nach vorn geht, und, wenn die Pupille sich erweitert, der Pupillarrand etwas zurückgeht. Es ist dies die natürliche Folge davon, dass die vordere

Fläche der Linse convex ist. Man kann sich von diesen Verhältnissen am besten durch ein kleines Instrument überzeugen, welches bereits von Petit angegeben wurde, das aber dann in Vergessenheit kam und in neuerer Zeit von Czermak wieder selbstständig erfunden wurde. Es besteht in einem kleinen Kasten mit rechtwinklig gegen einander gestellten Seitenwänden, die aus planparallelen Gläsern gemacht sind. An diesem Kasten fehlt die obere und die hintere Wand, und die untere, die innere, für die Nasenseite bestimmte, und die äussere, für die Schläfenseite bestimmte sind so ausgeschnitten, dass das Instrument an Wange und Schläfe genau angelegt werden kann. Dieser Kasten wird fest angedrückt und mit Wasser gefüllt, dann kann man von der Seite hineinsehen und sieht nun die vordere Kuppe der Linse und die auf derselben schleifende Iris in ihrer natürlichen Lage. Dass man die Iris und die Linsenkapsel ohne ein solches Instrument nicht in ihrer natürlichen Lage sieht, beruht ja darauf, dass die Cornea eine convexe brechende Oberfläche hat. Da nun aber der Humor aqueus näherungsweise die Dichtigkeit des Wassers hat, und andererseits die Cornea an ihrem Rande nur wenig dicker ist als in der Mitte und daher nahezu wie ein gekrümmtes Planglas wirkt; so sehen wir, wenn wir eine solche Wasserschicht vor die Cornea gelegt haben, in welche wir durch eine plane Oberfläche hinsehen, indem die Brechung der convexen Oberfläche der Cornea aufgehoben ist, die Theile in der Tiefe der vorderen Augenkammer in ihrer wahren Lage. Man kann sich dann überzeugen, dass die Iris bei mittlerem Stande der Pupille meist ziemlich eine Ebene bildet, dass, wenn die Pupille sich verengert, die Iris einen flachen abgestumpften Kegel nach vorn bildet, und dass, wenn die Pupille sich stark erweitert, der Pupillarrand der Iris sich nach rückwärts begibt, bisweilen in solchem Grade, dass die Fläche der Iris vom Ciliarrande gegen den Pupillarrand hin deutlich nach rückwärts gekrümmt erscheint.

Eine Zeit lang glaubten Viele, dass die ganze hintere Oberfläche der Iris, nicht nur der Pupillarrand derselben, auf der Linse aufliege. Das ist aber nur bei neugebornen Kindern der Fall. Es ist deshalb nicht wahr, dass auch bei Erwachsenen eine hintere Augenkammer nicht existire. Es existirt eine solche im alten Sinne des Wortes. Es ist nur keine so breite Communication zwischen vorderer und hinterer Augenkammer, als früher angenommen wurde, als man nicht wusste, dass der Rand der Iris auf der Oberfläche der Linse aufruht.

Retina.

Wir kommen jetzt zur dritten Schicht der Augenhäute, zu der Retina und zur Zonula Zinnii. Die Retina ist als die vordere, peripherische Ausbreitung des N. opticus anzusehen. Man kann sie aber nicht mit der peripherischen Ausbreitung eines gewöhnlichen sensiblen Nerven vergleichen, sondern man muss sie als einen Theil des Centralnervensystems ansehen, der in ein Sinnesorgan, in das Auge hinein, vorgeschoben ist. Demgemäss entsprechen auch die Nervenfasern des N. opticus nicht den gewöhnlichen peripherischen Nervenfasern, sondern ihrer Beschaffenheit nach denen der weissen Substanz des Gehirns und Rückenmarks.

Die Retina wird nach vorn durch die sogenannte Ora serrata begrenzt. Hier hören die nervösen Elemente mit einem gezackten Rande (Ora serrata) auf. Es setzt sich aber noch eine Schicht von Zellen fort, welche zwischen der Pigmentauskleidung der Chorioidea und der Zonula Zinnii liegt. Diese Zellenschicht, welche mit der embryonalen Anlage der Retina angehört, ist zu verschiedenen Zeiten als Pars ciliaris retinae beschrieben worden. Wir wissen heutzutage, dass diese Partie der Netzhaut keine Lichteindrücke mehr empfängt, wir lassen deshalb die Netzhaut mit der Ora serrata endigen.

Fig. 20.



Die Retina selbst besteht aus folgenden Schichten. Erstens aus der sogenannten Stäbchenzapfenschicht Fig. 20, *a*. Die Stäbchen sind palissadenartige, helle, durchsichtige Gebilde, welche sich nach dem Tode sehr bald verändern, namentlich wenn sie mit Wasser oder andern Flüssigkeiten in Berührung kommen, sich krümmen, sich der Quere nach in plattenartige Stücke aufblättern u. s. w. Sie sind mit ihren Enden in das Protoplasma und zwischen das Pigment der sechseckigen Zellen eingesenkt, die das Innere der Chorioidea auskleiden. Zwischen ihnen stehen andere Gebilde, die man mit dem Namen der Zapfen bezeichnet. Diese Zapfen, Coni, sind namentlich in ihrem unteren Theile dicker als die Stäbchen. Sie bestehen aus einem Innengliede, welches in die nächstfolgende Schicht eingesenkt ist und sich mit Karmin roth färbt, und aus einem äusseren konischen Gliede, welches sich mit Karmin nicht färbt, glashell, durchsichtig und zwischen die Stäbchen eingeschoben ist, so dass das Ganze die Form einer sehr langen, dünnen Flasche erhält. Diese Zapfen sind nicht überall gleichmässig in der Netzhaut vertheilt. Sie sind in grösster Menge an der Stelle der Netzhaut vorhanden, mit welcher wir am deutlichsten sehen und auf welcher wir deshalb die Gegenstände abzubilden suchen, die wir sehen wollen. Diese Stelle bezeichnen wir mit dem Namen des Centrum retinae. Sie ist im todten Auge gekennzeichnet durch einen gelben Fleck, die Macula lutea oder Macula flava retinae, in dessen Mitte eine kleine Grube, die wir mit dem Namen der Fovea centralis retinae bezeichnen, liegt (Fig. 20, *A*). An dieser Stelle finden sich nur Zapfen, ohne dass Stäbchen zwischen sie eingeschlossen wären. Je weiter man sich aber von ihr entfernt, um so mehr Stäbchen treten auf und zwar zuerst nur ein einfacher Ring um jeden Zapfen, später in grösserer Menge, so dass in der Gegend der Ora serrata nur noch einzelne Zapfen zerstreut in der Masse der Stäbchen stehen.

Fig. 20 stellt einen Durchschnitt durch das Centrum retinae nach Max Schultze dar.

Die zweite Schicht ist die sogenannte äussere Körnerschicht, Fig. 20 *r*, die aus kernartigen Gebilden besteht, welche mit feinen Fäden zusammenhängen, die sich an das System von Fäden anschliessen, das in senkrechter Richtung, das heisst senkrecht auf der Oberfläche des Glaskörpers, die Retina durchzieht. Dann kommt eine Schicht, an der sich keine bestimmte Structur erkennen lässt, die im frischen Zustande durchsichtig ist, in der man nur feine radiäre Fäden durchgehen sieht, und die an in Chromsäure oder Müllerischer Flüssigkeit gehärteten Augen fein gekörnt erscheint. Diese Schicht heisst deshalb die molekuläre Schicht (Fig. 20, *p*). Sie verdickt sich gegen den gelben Fleck bedeutend, und die Fasern, die sonst die Schichten der Retina senkrecht oder nahezu senkrecht durchsetzen, richten sich hier in der Weise schief, dass, wenn man ihren Verlauf von aussen nach innen verfolgt, sie sich immer mehr vom Centrum retinae entfernen (siehe Fig. 20). Unter dem Boden der Fovea centralis verdünnt sich diese Schicht wie alle folgenden auf ein Minimum. Ihr folgt eine Lage, die wiederum aus kernartigen Gebilden besteht, die innere Körnerschicht (Fig. 20, *q*). Dann wieder eine ähnliche molekuläre, eine Zwischenschicht (Fig. 20, *c*), und hierauf eine Lage von Ganglienzellen (Fig. 20, *d*) mit Fortsätzen, die mit Nervenfasern in Verbindung stehen. Dann folgt endlich die Ausbreitung dieser letzteren (Fig. 20, *s*). Sie hat eine sehr verschiedene Dicke je nach dem Orte der Retina, welchen man durchschneidet. Begreiflicher Weise ist sie am dicksten unmittelbar an der Eintrittsstelle des Sehnerven. Je mehr sich die Bündel von der Eintrittsstelle des Sehnerven entfernen, um so mehr Fasern finden ihre Endigung, und daher wird diese Schicht um so dünner, je mehr man sich der Ora serrata nähert. Es gibt aber noch eine andere Stelle der Netzhaut, an welcher sich diese Schicht der Retina auf ein Minimum verdünnt, und diese ist das Centrum retinae. Durch dieses geht keine einzige Sehnervenfaser, sondern sie laufen theils geradlinig, theils im Bogen zu derselben hin. Ein Theil der Fasern findet hier in der Fovea centralis seine Endigung, und die andern umfassen bogenförmig das Centrum retinae um in den mehr peripherisch gelegenen Theilen ihre Endigung zu suchen. Da an dieser Stelle die Retina überhaupt verdünnt ist, und namentlich hier keine zusammenhängende Faserschicht existirt, so ist sie an dieser Stelle besonders zerreisslich, und man findet die Netzhaut deshalb an Leichen nicht selten im Grunde der Fovea centralis retinae mit einem kleinen Loche durchbohrt. Diese Durchbohrung, die am Lebenden nicht existirt, ist das sogenannte Foramen Sömmeringii.

Die Retina ist im lebenden Zustande vollständig durchsichtig. Man kann sich davon überzeugen, wenn man irgend einem Thiere die Augenlider öffnet und ihm dann den Kopf unter Wasser taucht, so dass man, ähnlich wie mit dem Petit'schen Kästchen, in das Auge des Thieres hineinsehen kann. Man kann sich aber auch am lebenden Menschen durch den Augenspiegel davon überzeugen. Nach dem Tode wird die Retina trübe. Dass die Retina durchsichtig sei, erfordert natürlich, dass die Sehnervenfasern ihr Mark verlieren, wenn sie einmal in die Retina eingetreten sind und sich in derselben verbreiten. Das ist auch beim Menschen normaler Weise der Fall. Bei manchen Thieren aber, z. B. beim Kaninchen und Hasen existiren zwei Faserbüschel, die nach entgegen-

gesetzter Richtung ausstrahlen und aus markhaltigen und deshalb weissen Fasern bestehen. Beim Menschen kommt dies als Anomalie vor, und bei solchen Menschen hat deshalb der blinde Fleck, von dem wir später sprechen werden, eine grössere Ausdehnung und eine andere Gestalt, als im normalen Auge.

Die Blutgefässe der Retina verlaufen auf der Innenfläche derselben als Arteria und Vena centralis retinae mit ihren Aesten. Auch die Hauptmasse des Capillargefässnetzes liegt auf der inneren Oberfläche der Sehnervenfaserschicht: aber da, wo dieselbe noch dick ist, gehen auch kleine Aestchen und Capillaren in die Tiefe hinein, so dass sie die Sehnervenbündel umspinnen. Ueber die Schicht der Nervenfasern gehen die Blutgefässe selten hinaus.

Die Retina ist nach innen von einer glashellen Haut, der Membrana limitans Pacini (Fig. 20, *l*) begrenzt. Mit dieser steht ein grosser Theil der die Retina senkrecht durchsetzenden Fasern in Verbindung, die gegen dieselbe hin spitzbogenförmige Arkaden bilden, in deren Lichtungen die Bündel der Sehnervenfasern eingebettet sind. Man hat diese Membrana limitans Pacini auch als Membrana limitans interna unterschieden, indem Max Schultze an der äusseren Grenze der Körnerschicht, zwischen ihr und der Stäbchenzapfenschicht auch eine festere Grenzschicht unterschieden hat, welche er als Membrana limitans externa bezeichnete. Es muss aber bemerkt werden, dass diese letztere Membran kein so selbstständiges und für sich abziehbares Gebilde darstellt, wie die Membrana limitans interna; man hat sie sich vielmehr als ein Gitterwerk zu denken, das sich an erhärteten Netzhäuten durch seine Consistenz unterscheidet, und durch dessen Maschenräume die einzelnen Elemente durchgesteckt sind.

Nachdem wir die histologischen Elemente der Netzhaut kennen gelernt haben, kommen wir zu der wichtigen Frage, welche Elemente es sind, die dem Lichte als erster Angriffspunkt dienen. Es ist schon von vornherein klar, dass dies nicht die Nervenfasern in ihrem Verlaufe sein können, da alles deutliche Sehen darauf beruht, dass auf der Netzhaut Localzeichen erzeugt werden, welche einzeln und gesondert zum Gehirne gebracht werden. Wenn aber dergleichen Localzeichen im Verlaufe einer Faser erzeugt werden könnten, so würden gleichzeitig verschiedene auf ein und dieselbe Faser fallen können, und es würde dadurch eine Verwirrung der Eindrücke entstehen. Das Princip, nach welchem diese Eindrücke empfangen werden, muss das sein, dass sie zunächst auf mosaikartig angeordnete Gebilde übertragen werden, die einzeln entweder direct oder indirect mit den Sehnervenfasern in Verbindung stehen. Ein Versuch von Heinrich Müller, den wir später beschreiben werden, hat überdies gezeigt, dass der Angriffspunkt für das Licht gar nicht auf der vorderen Seite der Netzhaut liegen kann, sondern dass er an der andern Seite, nahe der Chorioidea liegen muss. Er hat gezeigt, dass er in der Stäbchenzapfenschicht liegen muss. Fragen wir nun da wieder, ob es die Stäbchen oder die Zapfen sind, welche wir mit Wahrscheinlichkeit als diejenigen bezeichnen können, die zunächst erregt werden, so müssen wir sagen, dass es wahrscheinlicher ist, dass wir die Zapfen dafür in Anspruch zu nehmen haben. In der Fovea centralis retinae sehen wir am deutlichsten, hier haben wir das feinste Unterscheidungsvermögen, also auf einem gege-

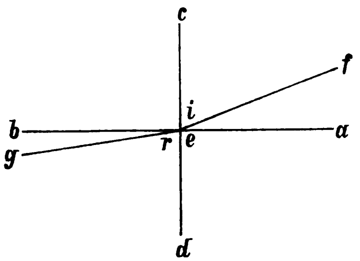
benen Raume die grösste Summe von Localzeichen; hier aber befinden sich gar keine Stäbchen, sondern nur Zapfen. Je weiter wir zu den Seitentheilen der Netzhaut fortschreiten, je mehr wir ins indirecte Sehen hineinkommen, um so mehr Stäbchen finden wir zwischen die Zapfen eingelagert, und um so geringer wird auch unser Unterscheidungsvermögen. Man hat deshalb auch eifrig nach dem nervösen Zusammenhange zwischen den Zapfen und den Sehnervenfasern geforscht, ist aber über die Art desselben noch nicht völlig einig. Die erste Verbindung eines Zapfens mit einer Nervenzelle beschrieb schon im Jahre 1853 von Vintschgau, während man andererseits wusste, dass die Nervenzellen (Ganglienkugeln) Fortsätze aussenden, die mit den Sehnervenfasern in Verbindung stehen. Ob die Stäbchen bei der Lichtperception direct betheiligt sind oder nicht, wissen wir bis jetzt nicht, aber das können wir sagen, dass auf alle Fälle ihre palissadenartige Gestalt, und ihre mosaikartige Anordnung für das Sehen von Bedeutung ist.

Das deutliche Sehen kommt dadurch zu Stande, dass ein Lichtkegel von einer bestimmten Farbe ein einzelnes Nervenelement erregt. Nun ist die Retina durchsichtig, er geht also durch das Nervenelement hindurch, gelangt zur Chorioidea und wird hier beim Menschen zum grossen Theile durch das Chorioidealpigment absorbirt. Alles Licht wird aber hier nicht absorbirt, wie dies heutzutage aus den Augenspiegelbeobachtungen hinreichend bekannt ist, wo wir ja die Dinge im Auge nur vermöge des Lichtes sehen, das aus demselben zurückkommt. Noch viel mehr Licht wird aber bei manchen Thieren reflectirt z. B. bei den Katzen, Hunden, Schafen, Rindern u. s. w. Bei diesen liegt auf der pigmentirten Chorioidea zwischen dem Stroma derselben und dem Capillargefässnetz eine eigene Schicht, das sogenannte Tapetum oder die Membrana versicolor Fieldingii. Diese besteht bei den Carnivoren aus Zellen, bei Herbivoren aber und bei allen denjenigen Beutelthieren, welche ein Tapetum haben, aus Fasern. Bei allen diesen Thieren hat sie aber das gemein, dass sie Interferenzfarben gibt und eine grosse Menge von Licht reflectirt. Wenn man die Fasern des Tapetum des Rindes bei schwacher Vergrösserung unter das Mikroskop legt, so sieht man sie darunter im auffallenden Lichte in schönen Farben, und, wenn man das auffallende Licht abblendet und durchfallendes Licht macht, so sieht man in diesem die complementären Farben, zum Beweise, dass man es hier mit Interferenzfarben, mit sogenannten Newton'schen Farben zu thun habe. Dieses Tapetum reflectirt also eine grosse Menge von Licht, und, wenn dieses Licht unregelmässig zerstreut auf die Netzhaut zurückkommen würde, so würde dadurch eine Verwirrung in den Eindrücken entstehen. Nun bilden aber die Stäbchen mit den zwischen ihnen liegenden Aussengliedern der Zapfen einen Apparat, vermöge dessen das Licht auf seinem Rückwege grösstentheils wieder durch das Nervenelement hindurchgehen muss, durch welches es hineingefallen ist. Das beruht auf der totalen Reflexion.

Denke ich mir (Fig. 21) eine Trennungsfläche $a\ b$ zwischen zwei Medien und errichte ich mir darauf eine Senkrechte $c\ d$ und denke mir, ich hätte einen einfallenden Strahl $f\ e$, so ist i der Einfallswinkel. Wenn ich annehme, dass das zweite Medium dünner ist als das erste, so müssen die Strahlen vom Einfallslothe abgebrochen werden. Der Brechungswinkel r ist also grösser als der Einfallswinkel i. Nach der Funda-

mentalgleichung der Dioptrik ist $\frac{\sin i}{\sin r} = c$, wobei c eine Constante vorstellt, welche man erhält, wenn man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im ersten Medium dividirt durch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im zweiten Medium. Da diese Constante in unserem Falle kleiner als 1 ist, so muss beim Wachsen von i der $\sin r$ schon gleich 1 werden, wenn $\sin i$ noch kleiner als 1 ist. Wächst dann i noch weiter, so erhalten wir durch unsere Gleichung für $\sin r$ einen Werth, der grösser ist als 1. Nun gibt es aber keinen Sinus, der grösser ist als 1, und unser Resultat hat keinen andern Sinn als den, dass hier kein gebrochener Strahl mehr existirt, sondern dass alle Strahlen reflectirt werden. Nimmt man ein leeres Reagirglas und taucht es ins Wasser, so erhält es einen metallischen Glanz. Das beruht darauf, dass eine sehr grosse Menge Lichtes wegen der schiefen Incidenz an der inneren Oberfläche, wo es in die Luft übergehen sollte, reflectirt wird, eine Menge, die ähnlich gross ist wie die, welche ein metallischer Körper reflectirt. Die stabförmigen Körper nun sind stark lichtbrechend und sind von einander getrennt durch eine schwächer brechende Zwischensubstanz. Diese trifft alles Licht, welches einmal in einen solchen Stab eingetreten ist, unter sehr schiefer Incidenz, es wird deshalb total reflectirt, es ist gewissermassen eingesperrt, und muss abgesehen von dem, was etwa nach dem Austritte am äussersten Ende zerstreut wird, auf demselben Wege zurück, auf dem es gekommen ist. Die Hauptmasse des zurückkommenden Lichtes geht also durch dasselbe Netzhautelement, das es schon auf dem Hinwege getroffen hat. Hieraus erklärt es sich, dass die Thiere mit einem Tapetum nicht nur nicht schlechter sehen als wir, sondern dass sie in der Dämmerung sogar viel besser sehen als wir. Beim Menschen kommt das Licht, das durch die Netzhaut hindurchgeht, grösstentheils nur einmal zur Wirkung. Bei diesen Thieren aber kommt eine viel grössere Menge Lichtes zurück. Dieses Licht, das zurückkehrt, verbrauchen sie ein zweites Mal, es muss also dieselbe Lichtmenge eine stärkere Erregung in ihrer Netzhaut hervorrufen, als dies bei Thieren der Fall ist, die kein Tapetum haben. Möglicherweise ist auch bei den Zapfen blos das Innenglied der eigentliche Angriffspunkt für das Licht, und das Aussenglied des Zapfens, das zwischen den Stäbchen steckt, ist vielleicht nur ein Theil des katoptrischen Apparates des Auges, der dazu dient, durch totale Reflexion die Strahlen wieder auf dasselbe Element zurückzubringen, durch welches sie eingefallen sind.

Fig. 21.



Zonula Zinnii.

Die Zonula Zinnii entsteht an der Ora serrata retinae, geht nach vorwärts, faltet sich wie eine Halskrause und setzt sich mit auf- und absteigenden Falten an die Linse an, und zwar, wenigstens grösstentheils,

an den vorderen Theil der Linse, indem die absteigenden Falten den grössten Kreis derselben wenig oder gar nicht überschreiten. In diese Falten sind, wie wir gesehen haben, die Ciliarfortsätze hineingesteckt, und da diese Falten sich andererseits wieder an die Linse befestigen, so ist dadurch eine Verbindung zwischen dem Ciliartheile der Chorioidea und der Linse gegeben.

Wenn man in die Zonula Zinnii, nachdem man die Ciliarfortsätze ausgerissen hat, eine kleine Oeffnung macht und von oben her mit einem Tubus Luft einbläst, so fängt sich die Luft unter den Falten der Zonula und schlägt dieselben nach aufwärts. Dadurch entsteht ein Kanal, der nach oben Buckel hat wie eine Halskrause. Diesen Raum, der so mit Luft gefüllt wird, beschrieb zuerst Petit und nannte ihn nach seinen Buckeln den Canal godronné. Heutzutage pflegt man ihn als den Canalis Petiti zu bezeichnen. Es muss aber bemerkt werden, dass dieser Raum in der Ausdehnung, wie man ihn hier darstellt, nicht im lebenden Auge vorhanden ist, sondern dass es erst möglich ist, ihm durch Lufteinblasen diese räumliche Ausdehnung zu geben, nachdem man die Ciliarfortsätze aus den Falten der Zonula ausgerissen hat. So lange diese darin stecken, existirt nur ein capillarer Raum zwischen den absteigenden Falten der Zonula und dem darunter liegenden Glaskörper.

Früher hat man die Zonula für eine continuirliche Membran gehalten, welche in der beschriebenen Weise in Falten gelegt sei. Aber schon im Frühjahre 1870 sind mir von Professor Vlacovitsch in Padua Präparate zugeschickt worden, an welchen man sehen konnte, dass Oeffnungen in der Zonula waren, und dass dieselbe aus Fasern bestand, welche zur Linse hingingen und sich, indem das Auge in Terpentinöl gehärtet worden war, in einzelne Stränge zusammengezogen hatten. Zu demselben Resultate ist auch Schwalbe gekommen, indem er fand, dass lösliches Berlinerblau, das er in die vordere Augenkammer einspritzte, in den Canalis Petiti eindrang. Nun fragt es sich: Wie ist es denn möglich, dass man doch die Zonula Zinnii als Ganzes aufblasen und dadurch den Canalis Petiti in der alten Weise darstellen kann, wenn sie kein Continuum ist, sondern aus einer Menge von radiären Fasern besteht? Man kann sich dies nur daraus erklären, dass die sehr feinen, radiären Fasern durch die anhaftende Flüssigkeit aneinander kleben und deshalb, so lange sie nass sind, ein Continuum bilden, wenn aber das Auge in Terpentinöl gehärtet ist, ihre Continuität verlieren und sich in einzelne Bündel strangförmig zusammenlegen. Die Zonula führt uns zur Linse.

Die Linse.

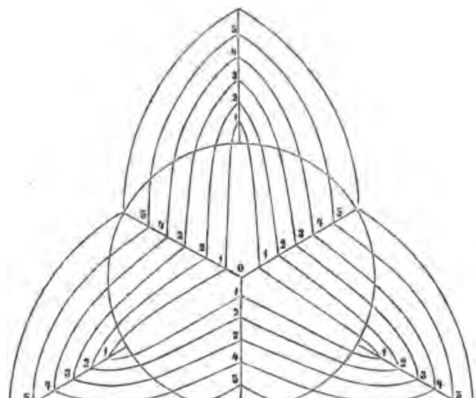
Wir finden dieselbe als einen Rotationskörper, dessen vordere Fläche wir uns entstanden denken können durch Rotation einer Ellipse um ihre kleine Axe, und deren hintere Partie wir uns entstanden denken können durch Umdrehung einer Parabel um ihre Axe, also als den Scheitelabschnitt eines Paraboloids. Die Linse im engeren Sinne des Wortes ist von einer häutigen Kapsel, der Linsenkapsel eingeschlossen. Diese ist eine Glashaut, wie die Descemet'sche Membran und ist wie diese structurlos. Die Dicke ihrer vorderen Hälfte beträgt 0,008

bis 0,019 Millimeter, die der hinteren nur 0,005 bis 0,012 Millimeter. Sie hat auf der vorderen Seite ein Epithel, welches, wie wir später sehen werden, in innigem Zusammenhange mit der Art und Weise steht, wie sich die eigentliche Linsensubstanz erzeugt. Die Linse im engeren Sinne des Wortes besteht aus sechskantigen Fasern, die so aufeinander gelagert sind, dass der kleine Durchmesser des sechseckigen Durchschnittes immer radial, also senkrecht auf die Schicht, gestellt ist, während der grösste Durchmesser des Sechsecks immer in tangentialer Ebene liegt. Die einzelnen Sechsecke sind dabei so aneinandergelagert, dass sie alternirend, wie Bausteine liegen. (Siehe Fig. 22.) Aus solchen Fasern ist nun die ganze Linse gewissermassen aufgewickelt. Die Art, wie dies geschieht, ist eine ziemlich complicirte. Man kann sich aber darin leicht eine Einsicht verschaffen, wenn man sich einen Kreis vorstellt, in dem vom Mittelpunkte aus drei Strahlen so ausgehen, dass sie miteinander Winkel von 120⁰ einschliessen. Der Punkt, von dem die Strahlen ausgehen, soll dem vorderen Pole der Linse entsprechen, wir bezeichnen ihn mit 0, und von da aus schreiben wir auf jeden Strahl in gleichen Abständen von einander und vom Nullpunkte die Ziffern 1, 2, 3, 4, 5 auf. (Siehe Fig. 23.) Nun denkt man sich an der Rückseite der Linse einen Punkt, der dem hinteren Pole der Linse entspricht, von dem aus ebensolche drei Strahlen ausgehen, wie vom vorderen Pole, die aber mit den Strahlen an der vorderen Fläche in der Art alterniren, dass die Durchschnittspunkte des grössten Linsenkreises mit den Strahlen an der vorderen Fläche von den Durchschnittspunkten eben dieses Kreises mit den Strahlen an der hinteren Fläche immer um eine Bogenweite von 60⁰ abstehen. Auf die Strahlen der hintern Fläche schreibt man nun ebenfalls die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 aber so, dass 1 am Rande und 5 am Pole der Linse steht, und dann verbindet man durch gedachte Faserzüge jede Zahl der vorderen Fläche mit der ihr zunächstliegenden gleichnamigen der hinteren Fläche. Dann erhält man die beistehende Figur die in ihrem Kreisfelde die geometrische Projection der Faserung der vorderen Fläche gibt, und deren drei Lappen nach rückwärts zusammengeklappt die Faserung der hinteren Fläche geben würden. So ist der Kern der menschlichen Linse angelegt, so die ganze Linse vieler Säugethiere. Beim Menschen wird der Bau der oberen Schichten complicirter, indem diese drei Axen sich zweimal verzweigen, so dass in der Regel 12 Endäste vorhanden sind, wie es Fig. 24 zeigt.

Fig. 22.



Fig. 23.



Am einfachsten sind die Linsen der Nagethiere: hier sind die drei Axen auf zwei reducirt, die zusammen eine gerade Linie bilden.

Denkt man sich die Linse durchschnitten, so bemerkt man, dass die Schichten sich, je mehr man nach innen kommt, der Kugelgestalt oder vielmehr der Gestalt eines mit seinem Halstheile nach hinten gewendeten Ballons nähern. Es stellt Fig. 25 einen solchen Durchschnitt nach einer von Sernoff gezeichneten und in Stricker's Handbuch der Geweblehre veröffentlichten Abbildung dar. Man bemerkt erstens, dass die vorderen und hinteren Oberflächen immer convexer werden, und zweitens, dass der Kern der Linse nicht in einer Ebene liegt, die man sich durch den grössten Kreis der Linse gelegt denkt, sondern hinter dieser Ebene, so dass die Oberfläche, welche man sich durch sämmtliche grösste Kreise der Linsenschichten gelegt denkt, nach hinten convex, nach vorn concav ist. Zugleich nimmt der Brechungsindex von aussen nach innen immer mehr zu. Die Substanz der Linse ist eben im Kerne am dichtesten, an der Oberfläche am wenigsten dicht. Daraus folgt, dass das Licht beim Eintritte in jede neue Schicht von Neuem gebrochen wird, so dass es also, da diese Schichten ausserordentlich dünn sind, nicht geradlinig hindurchgeht, wie durch eine Glaslinse, sondern einen krummlinigen Weg durch die Linse macht. Damit hängt es zusammen, dass die Linse eine viel kürzere Brennweite hat, als man ihr nach der Gestalt ihrer Oberflächen und nach ihrer mittleren Dichtigkeit zuschreiben sollte. Ja, sie hat sogar eine kürzere Brennweite, als sie haben würde, wenn sie homogen gebaut wäre und in ihrer ganzen Substanz den hohen Brechungsindex des Kernes hätte. Daher rührt es auch, dass die älteren Physiker, die sich mit der Berechnung der Brennweite des Auges beschäftigen, niemals zu einem brauchbaren Resultate gelangten, da sie immer herausbrachten, dass die Strahlen sich erst hinter der Netzhaut zu einem Bilde vereinigen könnten, während doch die Beurtheilung des Sehprocesses dazu führte, dass die Strahlen sich in der Netzhaut zu einem Bilde vereinigen müssen.

Fig. 24.

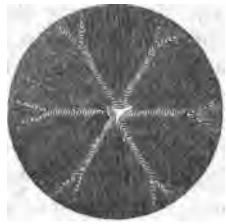
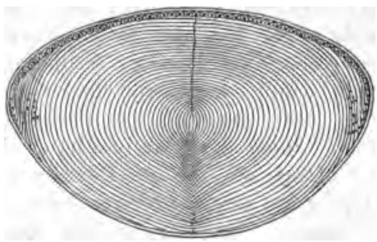


Fig. 25.



Der Glaskörper.

Der frische Glaskörper hat eine gallertartige Consistenz. Wenn man ihn aber zerschneidet und auf ein Filter legt, so tropft nach und nach alle Flüssigkeit ab, so dass nur ein ganz geringer Rest von fester Substanz übrig bleibt. Es fragt sich nun, da der Glaskörper offenbar ein Aggregat aus festen und flüssigen Theilen ist, wie die festen Theile darin angeordnet sind. Wenn man Augen sehr lange in Chromsäure liegen lässt, so werden im Glaskörper membranöse Schichten sichtbar. Bei den Haus-

säugethieren hat Hannover diese Schichten concentrisch gefunden, so dass sie sich nach Art der Schalen einer Zwiebel übereinanderlegen. Beim Menschen dagegen fand er membranöse Schichten, die radial gegen eine Linie gestellt waren, die man sich von vorn nach hinten im Glaskörper gezogen denkt. Die Membranen waren also hier in ähnlicher Weise, wie die Septa in einer Orange, gestellt. Es ist nun erstens nicht wahrscheinlich, dass ein so fundamentaler Unterschied zwischen den Säugethieren und dem Menschen vorhanden sein sollte, dass bei den einen nur zwiebelschalenförmige, bei den andern dagegen nur radial gestellte Septa vorhanden wären. Zweitens müsste, wenn nur eine Art von Häuten vorhanden wäre, beim Durchschneiden des Glaskörpers die ganze Flüssigkeit desselben sofort ausfliessen. Das ist aber nicht der Fall. Wenn man den Glaskörper in Stücke zerschneidet und diese einzeln hinlegt, so sieht man sehr langsam und allmälig die Flüssigkeit aus denselben aussickern, bis sie endlich nach längerer Zeit und ganz allmälig zusammensinken. Man wird hiedurch zu dem Schlusse geführt, dass beide Arten von Membranen, sowohl die tangential, als die radial gestellten, im Auge der Säugethiere und des Menschen vorhanden seien, dass aber bei den ersteren die concentrischen, bei den letzteren die radial gestellten stärker entwickelt und daher leichter sichtbar zu machen sind. In neuerer Zeit hat man den Glaskörper mit dem Schleimgewebe verglichen oder vielmehr man hat ihn unter dasselbe eingereiht. Das Prototyp des von Virchow aufgestellten Schleimgewebes ist die Wharton'sche Sulze im Nabelstrang, mit deren Bau der des Glaskörpers keine Aehnlichkeit hat.

Die äusserste der Häute des Glaskörpers unterscheidet man mit dem Namen der Tunica hyaloidea. Sie liegt in ganzer Ausdehnung der Membrana limitans Pacini an und verbindet sich an der Ora serrata retinae mit dem vordersten Theile derselben. Hier ist sie auch mit der Zonula verbunden, von der sie sich dann wieder trennt, indem sie die hintere Wand des Petit'schen Kanales bildet und sich dann mit der Rückwand der Linsenkapsel verbindet und die tellerförmige Grube auskleidet. Man kann die Sache so auffassen, dass aus dieser Verbindung der Hyaloidea mit der Membrana limitans Pacini die Zonula hervorgehe, die anfangs glatt ist und sich später in Falten legt.

Die Bindehaut.

Nach vorne wird der Bulbus von der Tunica conjunctiva bedeckt, welche wir in die Conjunctiva palpebrarum und in die Conjunctiva bulbi eintheilen. Man hat auch ein Bindehautblättchen der Cornea unterschieden, das heisst man hat sich vorgestellt, dass sich die Conjunctiva über die Hornhaut fortsetze. Wenn sich die Conjunctiva auf die Hornhaut fortsetzt, so müssen, da sie eine zusammengesetzte Membran ist, offenbar auch ihre einzelnen Theile sich auf die Hornhaut fortsetzen. Die Conjunctiva besteht aus einem bindegewebigen Stroma, aus einem bedeckenden, geschichteten Pflasterepithel, aus Gefässen und aus Nerven. Das geschichtete Pflasterepithel geht am Rande der Cornea in das Epithel der Hornhaut über und, wenn man Gefallen daran findet, so kann man letzteres als eine Fortsetzung des Epithels der Conjunctiva betrachten. Das bindegewebige Stroma der Conjunctiva geht nicht über die Hornhaut fort,

sondern endet am Rande der durchsichtigen Hornhaut, und wenn dasselbe durch aus den Blutgefässen ausgetretene Flüssigkeit geschwellt wird, bildet es einen wallartigen Rand um die durchsichtige Cornea herum. Die Blutgefässe der Conjunctiva gehen auch nicht über die Cornea hinüber. Wir haben allerdings gesehen, dass die Blutgefässe der Hornhaut aus denen der Conjunctiva stammen, dass sie sich aber nicht über die ganze Cornea verbreiten, sondern den Rand derselben nur um ein Geringes überschreiten. Endlich setzen sich die Nerven der Conjunctiva nicht auf die Hornhaut fort. Wir haben gesehen, dass die Nerven der Hornhaut gar nicht aus der Conjunctiva stammen, sondern dass sie von den Ciliarnerven aus der Tiefe kommen. Das Resultat von diesem Allen ist, dass sich die Conjunctiva nicht auf die Cornea fortsetzt, dass es kein Bindehautblättchen der Cornea und also auch keine Entzündung desselben gibt, wie sie die älteren Augenärzte annahmen.

Die Conjunctiva reiht sich in ihren Eigenschaften den Schleimhäuten an, und sie hat auch, wie andere Schleimhäute, Schleimdrüsen, die ihr Secret auf ihre Oberfläche ergiessen. Diese Schleimdrüsen sind die Krause'schen Drüsen. Sie wurden von dem älteren Krause zuerst beschrieben, liegen im Bindegewebe über dem Fornix conjunctivae und durchbohren die Conjunctiva selbst mit ihren Ausführungsgängen. Wenn man die Conjunctiva in der gewöhnlichen Weise präparirt, so dass man das hinter ihr liegende Bindegewebe wegnimmt, dann sucht man nach diesen Drüsen vergebens, weil man die Körper derselben mit abgetrennt hat. Man muss das ganze Bindegewebe über dem Fornix conjunctivae herausnehmen, um die Körper, nicht blos die durchbohrenden Ausführungsgänge dieser Drüsen zu erhalten.

Die vordere Fläche des Augapfels ist also von dreierlei Secreten befeuchtet. Erstens vom Secrete der Thränendrüse, zweitens von dem der Meibom'schen Drüsen, drittens vom Secrete der Krause'schen Drüsen. Das Secret der Thränendrüsen wird normaler Weise in geringer Menge abgesondert. Wenn aber die Nerven der Conjunctiva gereizt werden, tritt in Folge reflectorischer Erregung Secretion ein. Die Nerven der Thränendrüsen können reflectorisch erregt werden erstens von der Conjunctiva und zweitens von der Nasenschleimhaut aus. Ausserdem können sie aber auch central erregt werden durch Gemüthsaffecte, wo dann reichlicher und andauernder Thränenfluss zu Stande kommen kann. Bei solchem zeigt es sich, dass die Thränen, wo sie für sich allein und nicht gemengt mit den beiden andern Secreten auf die Conjunctiva einwirken, dieselbe reizen, indem sich Blutinjection und ein der Entzündung ähnlicher Zustand auf der Conjunctiva einstellt. Das Secret der Meibom'schen Drüsen ist eine Emulsion. Das Secret der Krause'schen Drüsen kennen wir nicht näher, es ist aber wahrscheinlich von dem der übrigen Schleimdrüsen nicht wesentlich verschieden.

Das Gemenge dieser drei Secrete wird durch den Thränenleitungsapparat aus dem Auge abgeleitet. Es gelangt zunächst durch die Thränenpunkte in die Thränenröhrchen, von diesen in den Thränensack, von diesem in den Thränenkanal und von da in die Nasen- und Rachenhöhle. Die Triebkraft für die Fortschaffung dieser Secrete wird auf zweierlei Weise aufgebracht. Erstens durch den Lidschlag, indem, wenn sich der Orbicularis palpebrarum zusammenzieht, ein Druck auf die Flüssigkeiten, die sich

im Conjunctivalsacke befinden, ausgeübt wird. Die Lidspalte wird geschlossen, und durch den Zug und Druck, welchen der am Ligamentum canthi interni befestigte Orbicularis palpebrarum an den Augenlidern ausübt, wird die Flüssigkeit gegen die Thränenpunkte hin und in die Thränenpunkte hineingetrieben. Das zweite mechanische Moment für die Ableitung der Thränen ist, abgesehen von der Schwere, durch welche sie nach unten abfliessen, die Inspiration. Wenn man einathmet, sinkt der Druck nicht nur in den Lungen, sondern auch in der Nasenhöhle unter den atmosphärischen, denn nur dadurch wird es möglich, dass die atmosphärische Luft in die Nasenhöhle eindringt. Es wird also hiedurch eine Tendenz der Thränenflüssigkeit nach abwärts erzeugt. Der Ueberdruck, der bei der Exspiration in der Nasenhöhle stattfindet, und vermöge dessen die Luft aus der Nasenhöhle in die Atmosphäre getrieben wird, scheint ganz oder grösstentheils durch Klappen aufgehoben zu sein. Man unterscheidet im Ganzen sieben Klappen oder klappenartig vorspringende Schleimhautfalten: Eine an der Mündung des Thränenkanals in die Nasenhöhle, welche als vorspringende Schleimhautfalte an der inneren Seite liegt und nach aussen und abwärts gerichtet ist; ferner eine an der Grenze zwischen Thränengang und Thränensack, eine an der Einmündung der Thränenröhrchen in den Thränensack, zwei am Grunde der Ampullen, der trichterförmigen Erweiterungen der Thränenröhrchen, und zwei an den Eingängen, an den Thränenpunkten.

Das Sehen und die Farben.

Was nennen wir sehen? Sehen nennen wir das Zumbewusstseinkommen der Erregungszustände unseres N. opticus. Ja, wir können im Allgemeinen sagen: das Bewusstwerden der Zustände des N. opticus: denn wir sehen ja auch die Dunkelheit, wir empfinden, dass es dunkel ist, weil wir in der Dunkelheit unsern N. opticus im Zustande der Ruhe empfinden. Ein Wesen, das keinen Sehnerven hätte, und dem auch die Theile des Centralorgans fehlten, durch welche uns die Gesichtsempfindungen zum Bewusstsein kommen, würde auch die Dunkelheit nicht empfinden, so wenig, wie wir urtheilen, dass es hinter uns dunkel sei, weil wir nach rückwärts keine Augen haben.

Alle Erregungszustände des N. opticus kommen uns als Lichtempfindungen zum Bewusstsein, auch die durch mechanische oder electrische Reize erzeugten ebenso wie die, welche das Licht hervorruft.

Wenn man im äusseren Augenwinkel einen Druck auf die Sclera ausübt, so sieht man vor der Nasenwurzel eine helle Scheibe. Macht man den Druck etwas stärker, so bekommt die Scheibe in der Mitte einen dunklen Fleck, breitet sich aber mehr aus, so dass sie ein heller Ring mit verwaschenen Rändern wird. Die Lichterscheinung ist die Wirkung des mechanischen Reizes, den man auf die Netzhaut ausübt. Wenn man im Dunkeln die Augen rasch hin und her wirft, so sieht man Lichtblitze. Diese sind nichts Anderes als die Folgen der Zerrung des N. opticus. Hustet man im Dunkeln, so sieht man Lichtblitze vor den Augen. Diese sind nichts Anderes, als Folgen der Reizung, welche durch die plötzliche Stauung beim Husten im N. opticus hervorgerufen wird. Auch auf elec-

trischem Wege kann man die Netzhaut und den Sehnerven zur Lichtempfindung reizen. Es ist dies vielfältig geschehen, und man sieht dann sowohl beim Oeffnen, als beim Schliessen des Stromes, aber auch während des Stromes, Lichtfiguren, die am genauesten von Purkinje studirt worden sind, der sie folgendermassen beschreibt: „Brachte ich den Leiter des Kupferpols in den Mund und berührte mit dem Leiter des Zinkpols den Augapfel, so erschien in dem früher finsteren Gesichtsfelde an der mir sonst wohlbekannten Eintrittsstelle des Sehnerven eine hellviolette lichte Scheibe; im Axenpunkte des Auges war ein rautenförmiger dunkler Fleck, mit einem rautenförmigen gelblichen Lichtbande umgeben, darauf folgte ein gleiches finsteres Intervall und auch ein etwas schwächer leuchtendes gelbliches Rautenband; die äusserste Peripherie des Gesichtsfeldes aber deckte ein schwacher, lichtvioletter Schein, der, wie man das Auge rollte, abwechselnd an einzelnen Stellen heller wurde. Hob ich die Berührung auf, so kehrten sich die Farben um. Wechselte ich die Pole, brachte ich den Kupferpol ins Auge und den Zinkpol in den Mund, so kehrten sich die Farben, sowie auch die Licht- und Schattenpartien um. Am Eintrittsorte des Sehnerven war ein finsterer, kreisrunder Fleck, mit einem hellvioletten Scheine umgeben, der als ein hellviolettes Rautenband gegen die Mitte des Gesichtsfeldes auf- und niederstieg und sich mit zwei convergirenden Schenkeln auf der entgegengesetzten Seite schloss; diesem nach innen war ein finsteres Intervall und im Axenpunkte des Sehfeldes eine glänzende, hellviolette Rautenfläche. Diese Figur, sowie auch die vorige erscheint jedesmal am lebhaftesten beim Eintritte der Berührung, ist während ihrer Andauer, wenn die Leitung nicht auf irgend eine Weise unterbrochen wird, nur schwer zu bemerken, und erscheint auf einen Augenblick mit entgegengesetzten Licht- und Farbstellen bei der Trennung wieder. Die Intensität bei Anwendung des Kupferpoles, also bei aufsteigendem Strome, ist ungleich grösser als die beim Zinkpole. Das Lichtviolett ist in dieser Erscheinung gesättigt und den Grund vollkommen deckend, das gelbliche Licht hingegen erscheint selbst bei den stärksten Entladungen nur wie der Ueberzug eines schwachen Firnisses, wie wenn eine gelbe Saftfarbe auf schwarzen Grund aufgetragen würde."

Die Erregung kann auch von den Centraltheilen ausgehen und ihre Ursache dann nach dem Gesetze der excentrischen Erscheinungen nach aussen versetzt werden. So entstehen die Traumbilder und so entstehen die phantastischen Gesichtserscheinungen, die am häufigsten am Abend vor dem Einschlafen auftreten. Man hat bei ihnen das entschiedene Gefühl des Sehens, das sich wesentlich unterscheidet vom blossen Vorstellen. Oft ist dies Gefühl so mächtig, dass die Erscheinung für eine reelle, eine objective gehalten wird. Dies ist die Regel bei Irren und bei Fieberkranken, die von solchen Hallucinationen befallen werden. Aber auch bei Menschen, die übrigens gesunden Geistes und bei vollem Bewusstsein sind, können Phantasmen zu wirklichen Täuschungen Veranlassung geben. Joh. Müller hat über diese phantastischen Gesichtserscheinungen ein lehrreiches und geistvolles Buch geschrieben, in dem solche Beispiele verzeichnet sind.

Der gewöhnlichste äussere Reiz ist das Licht. Das Licht wirkt entweder als weisses Licht auf das Auge ein, oder als gefärbtes. Das gewöhnliche Sonnenlicht ist aus einer ganzen Reihe von Farben zusammen-

gesetzt, die, wenn sie alle miteinander auf die Netzhaut wirken, den Eindruck von Weiss erzeugen. Wenn aber nur eine dieser Farben auf die Netzhaut einwirkt, so entsteht ein farbiger Eindruck, welcher je nach der Wellenlänge des Lichtes verschieden ist. Die grösste Wellenlänge der sichtbaren Strahlen macht den Eindruck von Roth, dann kommt Orange, dann bei weiter abnehmender Wellenlänge gelb. Der Eindruck von Gelb tritt ein, da wo sich die Frauenhofer'schen Linien *D* befinden, die Natronlinien, die jetzt durch die spectroskopischen Untersuchungen so allgemein bekannt geworden sind. Dann kommen Gelbgrün, Grün, Blaugrün und bei *F* Blau. Dieses Blau bei *F* ist sogenanntes Türkisenblau, das heisst ein Blau, welches dem Grün noch einigermassen nahe steht. Man bezeichnet es auch als Cyanblau, weil es durch Berlinerblau, also durch Eisencyanidcyanür oder Ferrocyaneisen dargestellt wird. Schreitet man weiter fort gegen *G* hin, so ändert das Blau seinen Ton und nimmt die Farbe des Ultramarin und Indigo an, und weiterhin geht es über in Violett, als dessen Hauptlinie die Frauenhofer'sche Linie *H* bezeichnet werden muss. Jenseits *H* nimmt die Lichtintensität allmälig ab, und es kommen dann bei *J*, *M*, *N*, *O*, *P* die sogenannten ultravioletten, schwach sichtbaren Strahlen, die früher als lavendelgraue Strahlen bezeichnet wurden, die aber, wenn sie rein und frei von diffusem Lichte dargestellt werden, wenigstens auf die meisten Menschen den Eindruck von Violett zu machen scheinen.

Wir können die Farben in einen Kreis anordnen und zwar so, dass je zwei einander gegenüberstehende miteinander, wenn sie gemischt werden, Weiss bilden. Gewöhnlich ordnet man die Farben so an, dass Roth und Grün, Blau und Orange, Gelb und Violett einander gegenüberstehen. Es muss aber bemerkt werden, dass das Grün, welches dem spectralen Roth complementär ist, nicht das gewöhnliche Grasgrün ist, sondern ein Blaugrün. Dem eigentlichen Grasgrün ist eine Farbe complementär, welche im Spectrum gar nicht vorkommt, nämlich Purpur, eine Farbe, welche wir uns entstanden denken können dadurch, dass wir das Spectrum zusammenbiegen und das rothe und violette Ende desselben übereinanderfallen lassen. Man kann sich dieses Purpur künstlich aus zwei Spectren mischen. Wenn man mittelst eines Doppelspathprismas zwei sich theilweise deckende Spectra erzeugt, so dass das violette Ende des einen über das rothe des andern zu liegen kommt, dann erhält man als Mischfarbe Purpur. Auch dem Orange ist nicht alles Blau complementär, sondern nur das Blau, welches wir mit dem Namen Türkisenblau bezeichnet haben. Dagegen ist dasjenige Blau, welches wir als Ultramarin bezeichnet haben, dem eigentlichen Gelb complementär, dem Gelb von der Linie *D*, das repräsentirt wird durch das Chromgelb, das doppelt chromsaure Bleioxyd. Das Complement des Violett ist ein Gelbgrün, das wir mit dem Namen des Citronengelb zu bezeichnen pflegen, weil es die Farbe einer noch nicht ganz reifen Citrone hat. Wenn wir in correcter Weise die verschiedenen Complemente nebeneinander schreiben wollen, so haben wir: Roth und Blaugrün, Orange und Türkisenblau, Gelb und Ultramarin, Gelbgrün und Violett, Grün und Purpur, dann wieder Blaugrün und Roth und so fort.

Diese einzelnen Farben des Farbenkreises können nicht nur durch monochromatisches Licht hervorgebracht werden. Wie der Eindruck des

Purpur immer durch gemischtes Licht erzeugt wird, so können auch die übrigen Farben durch gemischtes Licht hervorgerufen werden. Ja, man braucht nur eine Farbe aus dem Spectrum wegzunehmen, so geben alle übrigen zusammen das Complement zu dieser Farbe. Daher rührt eben der Name Complementfarben, weil sie Farben sind, die entstehen, wenn man weisses Licht in irgend welche zwei Theile theilt, so dass der eine Theil die Ergänzung zum andern gibt.

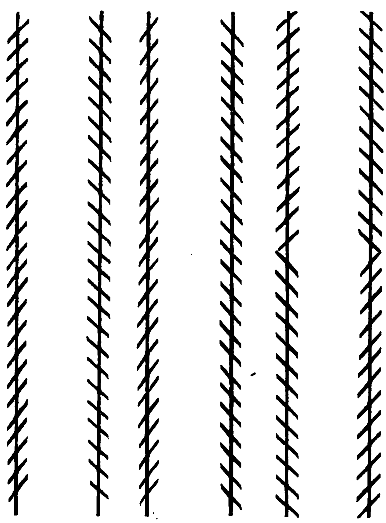
Die Complementfarben haben nun sehr interessante Eigenschaften. Sie haben die Eigenschaft, dass, wenn sie nebeneinandergesetzt werden, sie ihren Eindruck erhöhen, so dass sie also die glänzendsten Farbenzusammenstellungen geben, z. B. Gelb und Blau, Grün und Purpur u. s. w. Sie haben aber auch die Eigenschaft, dass, wenn dem Auge nur eine Farbe dargeboten wird, diese auf subjectivem Wege ihr Complement, die zweite Farbe, hervorruft. Chevreuil erzählt, dass zu ihm Händler mit gemusterten Stoffen kamen und sich über die Fabrikanten beklagten: sie hätten ihnen Stoffe hingegeben, damit sie schwarze Muster daraufdruckten, sie hätten ihnen aber auf einen rothen Stoff ein grünes und auf einen blauen Stoff ein gelbliches Muster aufgedruckt. Chevreuil erkannte sofort, dass dies auf einer Täuschung beruhe. Er pauste daher das Muster durch, schnitt es à jour in Papier aus und bedeckte dann mit dem Papier den farbigen Grund, so dass nur das Muster allein zu sehen war, und da zeigte es sich sofort, dass die Druckfarbe schwarz gewesen, und dass der Schein des Farbigen nur durch den farbigen Grund hervorgerufen worden war. Die Farben, die auf diese Weise subjectiv hervorgerufen werden, bezeichnet man mit dem Namen der Farben durch simultanen Contrast.

Es gibt eine Reihe verschiedener Versuche, durch welche man diese Farben zur Anschauung bringen kann. Am besten gelingt dies durch die Spiegelversuche, wie sie zuerst Fechner und Dove in grösserer Auswahl angegeben haben. Eine Form, in der sich ein solcher Spiegelversuch sehr gut anstellen lässt, ist von Ragona Scina beschrieben. Sie besteht darin, dass man zwei Papierblätter, deren jedes einen schwarzen Ring trägt, rechtwinklich gegeneinander aufstellt und nun eine grüne Glastafel diagonal zwischen diese beiden Papiere so stellt, dass man das eine Papier durch dieselbe dioptrisch, das andere katoptrisch sieht. Dann fällt in das Auge grünes Licht, das wir dioptrisch, und weisses Licht, das wir katoptrisch sehen, das gespiegelt wird. An der Stelle, wo sich der schwarze Ring befindet, fällt im dioptrisch gesehenen Papiere der Eindruck des Grünen aus, im katoptrisch gesehenen, an der entsprechenden Stelle der Eindruck des Weissen. Da wo der Eindruck des Weissen wegfällt, haben wir ein stärkeres Grün, als im Grunde; der gespiegelte Ring erscheint daher grün. Der andere Ring aber erscheint durch Wirkung des Contrastes roth. Wenn man die Tafel bewegt, bleibt der rothe Ring stehen, während der grüne sich bewegt: der rothe wird also dioptrisch gesehen, der grüne gehört dem Spiegelbilde an. Diese ganze Erscheinung rührt von einer Verschiebung unseres Urtheils her. Wir haben grünes Licht mit weissem gemischt, welches in unser Auge hineinfällt. Dadurch wird unsere Vorstellung vom Weiss, vom neutralen Grau verschoben, so dass wir jetzt etwas, was grau gefärbt ist, für complementär gefärbt halten, für roth. Wir würden ein schwaches Grün jetzt, wo wir unter dem Eindrucke der Masse grünen Lichtes stehen,

eben nicht mehr für Grün, sondern für Weiss halten. Dass wirklich diese Art der Verschiebung unseres Urtheils wesentlich in Betracht kommt, das sieht man an folgendem Versuch, der von Helmholtz angegeben ist. Man nimmt ein graues Papier und klebt es auf einen purpurrothen Grund. Dann erscheint das graue Papier schon einigermassen grün. Dass es wirklich nicht grün ist, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man das Roth rund herum zudeckt, die Täuschung schwindet dann völlig. Die Täuschung wird aber ungleich grösser, sobald man über das rothe Papier ein anderes durchscheinendes weisses hinüberlegt, einfach deswegen, weil man hier nun einen anscheinend weissen Grund hat, der aber thatsächlich nicht weiss ist, indem das rothe Papier durch das weisse hindurch wirkt. Das Weiss des oberen Blattes täuscht uns über die wahre Farbe des Grundes. In derselben Weise erklären sich die farbigen Schatten. Wir beleuchten ein Papier gleichzeitig mit Tages- und mit Kerzenlicht und stützen einen Bleistift darauf. Er wirft zwei Schatten, der eine ist blau, der andere ist gelb. Blau ist der, der dem Kerzenlichte angehört, denn hier fehlt das Gelb, der andere ist durch den Contrast gelb, weil das Papier, das auch vom Tageslichte beleuchtet ist, weniger gelb ist.

Dergleichen Verschiebungen unseres Urtheils existiren nun nicht blos in Rücksicht auf die Farben, sondern sie kommen in derselben Weise in Rücksicht auf hell und dunkel vor, indem uns ein dunkler Gegenstand neben einem hellen besonders dunkel, und ein heller neben einem dunklen besonders hell erscheint. Sie existiren auch in Rücksicht auf die räumlichen Verhältnisse, in Rücksicht auf Bewegungen. Wenn man eine Zeit lang aus einem Fenster auf eine belebte Strasse hinabgesehen hat, in der sich zahlreiche Wagen nach einer Richtung hin bewegen, und diesen mit dem Auge gefolgt ist, und blickt das Strassenpflaster an, so scheint es, dass dasselbe sich in entgegengesetzter Richtung bewege. Wenn man längere Zeit auf einen Wasserfall sieht und plötzlich auf die danebenstehenden Felsen blickt, so scheinen sie aufzusteigen. Es ist gewissermassen, als ob die Geschwindigkeit des fallenden Wassers in einer späteren Periode nicht mehr denselben Eindruck machte, wie im ersten Augenblick, so dass, wenn im ersten Augenblick die Geschwindigkeit V wäre, sie später eine kleinere Grösse wäre, $V—k$: wenn wir daher auf einen ruhenden Gegenstand sehen, scheint uns dieser mit der Geschwindigkeit k aufzusteigen. Sitzt man in einer Eisenbahn in einem Hintercoupé und entfernt sich von einem Gebirge, und der Wagen hält plötzlich an, so scheint es als ob das Gebirge näher heranrücke u. s. w.

Fig. 26.



Ja, selbst auf die Beurtheilung von gerade und schief, von parallel und nicht parallel, hat eine solche Verschiebung unseres Urtheils einen wesentlichen Einfluss, wie man dies an der beistehenden von Zöllner angegebenen Figur sieht. Die senkrechten schwarzen Striche sind parallel, und doch erscheinen sie geneigt, weil uns die schief auf sie gerichteten Striche beirren.

Kehren wir zu unseren Farben zurück, so ist es klar, dass, während je zwei und zwei Farben des Farbenkreises miteinander Weiss geben, diejenigen, die nicht miteinander complementär sind, nicht Weiss, sondern irgend eine andere Farbe geben müssen, und diese Farben sind die Mischfarben, welche im Farbenkreise zwischen den complementären Farben eingeschlossen sind. So gibt Roth mit Gelb Orange, Gelb mit Blau gibt Grün, das heisst mit demjenigen Blau, welches ihm nicht complementär ist, mit dem Türkisenblau oder Cyanblau. Blau und Roth geben miteinander Violett, Roth und Violett Purpur.

Die Wirkungen des Contrastes machen sich nun auch zwischen zwei Nachbarfarben geltend, indem jede Farbe, neben ihre Nachbarfarbe gestellt, in derselben ihre eigene Farbe ertödtet und ihre complementäre Farbe hervorruft. So erscheint z. B. Orange, wenn es neben Roth gestellt wird, gelb, Gelb neben Orange lässt das Orange mehr roth erscheinen u. s. w.

Als Helmholtz zuerst zeigte, dass Gelb und Ultramarinblau miteinander Weiss geben, erregte dies allgemeines Erstaunen. Namentlich alle Maler waren fest überzeugt und sind es zum Theil noch heute, dass Gelb und Blau nicht miteinander Weiss geben können, weil sie täglich aus Gelb und Blau Grün mischen. Die Mischung aber, welche dort vorgenommen wird, ist eine andere als diejenige, welche auf der Netzhaut stattfindet. Das Licht, das von gemischten Pigmenten zurückkommt, hat sich durch Subtraction gemischt, das Licht aber, das sich auf der Netzhaut mischt, mischt sich durch Addition. Wenn der Maler aus Gelb und Blau Grün mischt, so mischt er gelbe und blaue Körnchen durcheinander. Das Licht, indem es durch die gelben Körnchen hindurchgeht, verliert die am stärksten brechbaren Strahlen, und, indem es durch die blauen Körnchen hindurchgeht, verliert es die am schwächsten brechbaren Strahlen; die mittleren, die grünen Strahlen bleiben übrig. Darum ist das Resultat dieser Mischung grün. — Auf der Netzhaut aber geschieht die Mischung durch Addition, indem auf derselben Stelle der Eindruck Blau und zugleich auch der Eindruck Gelb erfolgt. Aber auch abgesehen hievon, auch bei Versuchen, welche auf Mischung durch Addition beruhen, ferner bei Versuchen über subjective Farben, über Contrastfarben, hatten die früheren Beobachter meist als complementäre Farbe für Gelb nicht Blau, sondern Violett gefunden. Es war allgemein die Meinung verbreitet, die wahre Complementfarbe zu Gelb sei Violett und man war deshalb befremdet, als Helmholtz durch directe Mischung der Spectralfarben nachweisen konnte, dass Gelb und Blau miteinander Weiss geben.

Diese Differenz der Ansichten hängt mit der verschiedenen Sättigung der Farben zusammen. Wenn ich mein Auge durch monochromatisches Gelb erregen lasse, so wirken auf dasselbe nur Strahlen von einer Wellenlänge. Ich kann aber auch das Gelb dadurch erzeugen, dass ich von dem

Ultramarinblau eine Portion aus dem Spectrum herausnehme; dann gibt das übrige Licht zusammen den Eindruck Gelb. Aber diese beiden Gelb unterscheiden sich wesentlich von einander. Das eine Gelb ist ein gesättigtes Gelb, nämlich das monochromatische, das andere ist nicht gesättigtes Gelb, es ist gemischtes Licht, indem nur die gelben Strahlen vorherrschen, nachdem blaue herausgenommen worden sind. Ich kann also dieses gelbe Licht, das ich durch Wegnehmen von Blau aus dem Spectrum erhalte, als bestehend ansehen aus weissem Lichte, dem gelbes hinzugefügt ist. So kann ich alle Farben als bestehend ansehen aus irgend einer bestimmten Farbe des Farbenkreises und aus Weiss, beziehungsweise Grau, das in grösserer oder geringerer Menge hinzugemischt ist. Je grösser die Menge des neutralen Lichtes, des Weiss oder Grau, ist, das ich hinzugefügt habe, desto weniger ist die Farbe gesättigt. Sie ist am gesättigtsten, wenn die Menge dieser Beimischung Null ist, wenn ich es mit einer monochromatischen Farbe zu thun habe, oder, da monochromatisches Purpur nicht existirt, mit einem Purpur, das blos gemischt ist aus reinem Roth und reinem Violett.

Nun haben wir bis jetzt das Tageslicht als weisses Licht angesehen. Wir halten dasselbe für Weiss, weil es das dominirende Licht ist, und finden das Kerzenlicht neben ihm gelb. Es lässt sich aber nachweisen, dass das gewöhnliche Tageslicht nicht weiss ist, sondern roth, und darauf beruhen die verschiedenen Resultate, die man bei Beurtheilung der complementären Farben erhalten hat. Man wird bemerken, dass niemals ein Streit darüber gewesen ist, was das Complement von Roth sei. Man wusste immer, dass das Complement von Roth Grün ist. Ueber das Complement von Blau aber, beziehungsweise über das des Gelb hat man hin und her geschwankt.

Denken Sie sich, ich habe eine Tafel, die mit schwefelsaurem Baryt angestrichen ist und daher vollkommen weiss erscheint. Ich lege auf dieselbe ein Blättchen Papier, das mit Ultramarin gefärbt ist, und lasse dieses blaue Papier auf weissem Grunde in einem Glase spiegeln, das selbst durch die Dicke angesehen keine Farbe hat. Ich neige den Spiegel und richte ihn wieder auf. Ich sehe, dass das Bild mehr oder weniger Sättigung bekommt je nach der Neigung des Spiegels. Man sieht ja durch das Glas auf den weissen Grund, es mischt sich also das dioptrisch gesehene weisse Licht mit dem katoptrisch gesehenen blauen, und jetzt wird man bemerken, dass das Bild, indem es heller wird, indem seine Farbe weniger gesättigt wird, nun nicht mehr in derselben Schattirung bleibt, sondern gegen Violett hin ausweicht, dass es einen Stich zum Violett bekommt. Das Licht also, das mir weiss erschien, wenn ich es an und für sich betrachtete, das hat sich, zu einer bestimmten Farbe gemischt, als roth erwiesen, denn es hat als Mischfarbe Violett gegeben. Denselben Versuch kann man mit Chromgelb anstellen. Legt man dieses auf die weisse Tafel und lässt man es spiegeln, so ist das Spiegelbild blassorange, wenigstens mehr Orange als das Chromgelb selbst: das anscheinende Weiss erweist sich hier bei der Mischung wieder als röthlich. Wenn ich durch ein blaues Cobaltglas hindurchsehe, so dass ich damit die Hälfte der Pupille bedecke, so erscheint der Grenzstreifen, der durch den Rand des Cobaltglases gegeben is, violett, weil sich hier

eine Zone auf der Retina bildet, wo sich weisses Tageslicht mit dem blauen Lichte mischt, das durch das Cobaltglas zur Netzhaut gelangt.

Alle diese Versuche zeigen deutlich, dass das Tageslicht nicht, wie man früher geglaubt hat, weiss ist, sondern dass es roth ist. Wir empfinden das nicht, weil wir das dominirende Licht immer für Weiss halten, geradeso, wie wir auch Gas- oder Kerzenlicht, wenn wir hinreichend lange kein anderes gesehen haben, für weiss halten. In unserem Laboratorium sind vor einer Reihe von Jahren von Dr. Memorsky Untersuchungen gemacht worden über die Farbe der verschiedenen Beleuchtungen. Da hat es sich gezeigt, dass Kienspähne, Kerzen, Leuchtgas, Oel und Petroleum sämmtlich Licht von gelboranger Farbe geben. Am meisten gefärbt ist das Licht des Kienspahns, dann folgen Talgkerzen und Oellampen, dann Stearinkerzen, Leuchtgas und Petroleum. Das Magnesiumlicht, das man für weiss gehalten hat, ist blassviolett, und das einzige Licht, das Memorsky weiss fand, war das Licht der Kohlenspitzen, das electrische Licht. Auch hier war es nur das gute Glück, welches uns Kohlen in die Hände gegeben hatte, die weisses Licht gaben. Ich habe seitdem mehrfach electrisches Kohlenspitzenlicht gesehen, das entschieden röthlich war.

Aus der farbigen Beschaffenheit des Tageslichtes erklärt sich das verschiedene Urtheil über die Contrast- und die Complementärfarben. Helmholtz machte aus reinem Gelb und aus reinem Ultramarinblau Weiss. Nun haben wir aber gesehen, dass, wenn wir dieses Ultramarinblau mit Weiss auf der Netzhaut mischen, wir dann nicht Ultramarinblau, sondern einen violetten Ton erhalten. Wenn wir also zu dem Gelb eine nicht gesättigte Complementärfarbe aufsuchen wollen, so kann diese nicht mehr Ultramarin sein, sondern sie ist Violett, wie dies auch bei früheren Versuchen mit Pigmenten und beim Aufsuchen der Contrastfarbe auf weissem oder grauem Grunde gefunden wurde. Die gesättigte Complementfarbe zum Blau ist Chromgelb. Wir haben aber gesehen, dass, wenn wir das Licht, das von Chromgelb zurück kommt, mit weissem Lichte mischen, wir dann eine Farbe erhalten, die sich dem Orange nähert. Wenn ich also zum Blau eine nicht gesättigte complementäre Farbe suche, so ist diese nicht mehr Gelb, sondern in der That ein blasses Orange, wie es auch ältere Beobachter gefunden haben.

Mit der rothen Färbung des Tageslichtes und mit dem diffusen Lichte, das durch die Sclera in unser Auge einfällt, hängt es zusammen, dass unsere Retina unterempfindlich ist für rothes Licht, das heisst, dass die Retina für rothes Licht weniger empfindlich ist, als für Licht von kürzerer Wellenlänge. Dass das Licht, welches durch unsere Sclera eindringt, roth sein muss, ergibt sich erstens schon daraus, dass es durch ein System von trüben Medien hindurchgegangen ist, und dadurch also vorwiegend die kurzwelligen Strahlen verloren hat, und zweitens daraus, dass es durch zahlreiche Blutgefässe hindurchgegangen ist und hier der Absorption des Blutfarbstoffes unterworfen wurde. Es gibt aber auch einen Versuch dafür, der zuerst in etwas anderer Form und ohne genügende Erklärung von Dr. Smith in Fochabers beschrieben wurde. Er besteht in Folgendem: Man stellt sich so, dass man mit der Seite des Gesichtes nach dem Fenster gewendet ist, oder dass man neben sich zur Seite eine Kerze oder eine Lampe hat, und sieht eine weisse Fläche an. Nun

schliesst man abwechselnd das eine und das andere Auge, dann verfärbt sich diese weisse Fläche und zwar in der Weise, dass, wenn man die weisse Fläche mit dem Auge, welches an der Lichtseite ist, ansicht, dieselbe grün erscheint, während sie dem Auge, das an der Schattenseite ist, roth erscheint. Der Grund ist folgender: von der Lichtseite fällt eine Menge Licht durch die Sclerotica ein, dieses wirkt auf die Retina des Auges an der Lichtseite und macht sie noch mehr unterempfindlich gegen Roth, als sie schon für gewöhnlich ist. Es erscheint ihr deshalb weisses Licht als Grün. Schliesse ich dieses Auge und sehe ich mit dem andern die weisse Fläche an, so erscheint sie durch den Contrast roth.

Von der Unterempfindlichkeit für langwellige Strahlen rührt es auch her, dass bei stärkerer Beleuchtung eine Landschaft einen mehr rothgelben Ton hat. Es ist dies die sonnige, die goldige Beleuchtung, während an einem trüben Tage die Landschaft vielmehr einen graublauen Ton hat. Fechner hat gezeigt, dass, wenn die objective Helligkeit, die Beleuchtung, in geometrischer Progression zunimmt, die Verstärkung der subjectiven Empfindung, der subjectiven Helligkeit, nur in arithmetischer Progression fortschreitet. Er hat ferner gezeigt, dass für jeden Reiz, der auf Nerven, also auch auf den Sehnerven ausgeübt wird, eine sogenannte Reizschwelle existirt, das heisst eine gewisse Höhe, die der Reiz erreichen und welche er überschreiten muss, um überhaupt eine Wirkung zu erzielen. Denken Sie sich, dass die Reizschwelle für Roth am höchsten liege und von da gegen Blau hin immer niedriger werde, und dass nach und nach die Helligkeit immer zunehme, so muss anfangs die Wirkung des Roth bei geringer Helligkeit relativ gering sein, weil man sich noch wenig von der Reizschwelle des Roth entfernt hat, während man sich bei den übrigen Farben schon weiter von der Reizschwelle entfernt hat, da ihre Reizschwelle niedriger ist. Je weiter aber die Helligkeit steigt, um so mehr wird dieser Unterschied in den Hintergrund treten, und um so mehr werden also auch die langwelligen Strahlen, die rothen und gelben zur Geltung kommen. Mit dieser Ungleichheit in der Lage der Reizschwelle für das Roth und das Blau hängt es zusammen, dass man, wie Dove bemerkt, die Helligkeit der Farben anders beurtheilt, je nachdem sie stark oder schwach beleuchtet sind. Wenn ich Jemanden bei heller Tagesbeleuchtung aus einer Reihe von Papieren ein rothes und ein blaues aussuchen lasse, die ihm und Anderen gleich hell erscheinen, und lasse diese selben Papiere in der Dämmerung oder sonst bei schwacher Beleuchtung, aber im neutralen Lichte, untersuchen; so finden Alle, dass das blaue Papier heller sei als das rothe, weil man nun eben mit dem Roth näher der Reizschwelle steht, und deshalb der Eindruck des Roth nicht nur absolut, sondern auch relativ schwächer ist, als er bei heller Tagesbeleuchtung war.

Die Unterempfindlichkeit des Auges für langwellige Strahlen ist in neuester Zeit auch von Dobrowolsky direct erwiesen an der zunehmenden Feinheit, mit der wir kleine Unterschiede von Hell und Dunkel wahrnehmen, wenn wir die Beleuchtung in der Weise wechseln lassen, dass wir von rother Beleuchtung zu gelber u. s. f. zu blauer fortschreiten.

Da wir uns, wie wir oben gesehen haben, alle Farben vorstellen können als gemischt aus einer bestimmten Farbe des Farbenkreises und

aus Weiss beziehungsweise Grau, so müssen wir auch die Farben in ein System bringen können. Man hat diesem Systeme viele verschiedene Formen gegeben, und in der That kommt auf die Form wenig an. Anfangs hatte man die Farben in einen Kreis anzuordnen gesucht. Es hatte sich aber da gezeigt, dass man wohl die verschiedenen Grade der Sättigung auftragen könne, dass man aber nicht die verschiedenen Grade der Helligkeit und Dunkelheit erhalte. Nimmt man eine Kugel und trägt auf diese nicht nur die Farben auf, sondern denkt sich auch das Innere dieser Kugel mit Farben erfüllt, dann kann man in der That alle Pigmentfarben in ein System bringen. Im Aequator der Kugel sind die reinen Pigmente aufgetragen. An dem einen Pole gehen sie in Schwarz über, an dem andern gehen sie in Weiss über. Man hat also an der Oberfläche der Kugel alle Farben in ihren Uebergängen zum Weiss und Schwarz. In der Axe dieser Kugel muss man sich aber eine Linie denken vom Weiss zum Schwarz, die Linie des neutralen Grau. Im Innern der Kugel wären dann alle Mischfarben des neutralen Grau, die verschiedenen Arten von Braun, Grau u. s. w. zu finden.

Nach demselben Principe hat man die Farben auf und in einer Pyramide und auf und in einem Kugeloctanten vertheilt. Auf letzterem stand das Weiss in der Mitte des sphärischen Dreieckes, die reinen Farben an den Seiten und Ecken desselben und das Schwarz am Kugelcentrum.

Zeitlicher Verlauf der Netzhauterregung.

Der Erregungszustand im Sehnerven überdauert jedesmal den Act der Erregung. Die Wirkung überdauert die Ursache. Wenn deshalb mehrere Eindrücke rasch aufeinanderfolgen, so kann es geschehen, dass die späteren eintreffen, ehe die Wirkung der ersten aufgehört hat, so dass also ein continuirlicher Eindruck aus einer intermittirenden Reizung entsteht. Darauf beruht es, dass man einen feurigen Kreis sieht, wenn man eine glühende Kohle im Dunkeln im Kreise herumschwingt. Bringt man auf eine Scheibe zwei Farben und dreht sie sehr schnell, so fallen hier auch die Reize über einander und man erhält die Mischfarbe. Auf diese Weise kann man zeigen, dass die verschiedenen Farben miteinander Weiss geben, man kann zeigen, wie Mischfarben entstehen u. s. w. Eine solche Einrichtung ist der Farbenkreisel.

Fig. 27.



Bei Versuchen mit dem Farbenkreisel ist es natürlich von Wichtigkeit, dass die Farben in gewissen Verhältnissen miteinander gemischt werden, da eine gewisse Menge Roth nur eine gewisse Menge Grün compensirt, und eine gewisse Menge Blau nur eine gewisse Menge Gelb compensirt. Je zwei Complementärfarben können also auch auf dem Farbenkreisel nur dann Weiss geben, wenn sie in einem bestimmten Verhältnisse auf demselben vertheilt sind. Da hat nun Maxwell eine Art von Scheiben angegeben, vermöge welcher

man auf dem Wege des Experimentirens diese Verhältnisse finden kann. Er schneidet nämlich die Papiere aus in Form der vorstehenden Figur 27, in der *c* das Loch für die Axe des Kreisels ist. Sie können dann in einander gesteckt und durch Drehung beliebig verschoben werden, so dass die eine Papierscheibe die andere mehr oder weniger deckt. Man dreht nun, nachdem die Papiere in einer bestimmten Lage befestigt sind, in solcher Richtung, dass die freien Lappen der Scheiben durch den Luftwiderstand nicht gehoben, sondern herabgedrückt werden.

Beim Suchen des neutralen Weiss oder Grau (wirkliches Weiss kann, weil dazu nicht die hinreichende Menge von Licht vorhanden ist, hier nicht erzielt werden) verkleinert man nun die Farbe, welche sich als im Ueberschuss vorhanden erweist, so lange, bis das Grau nicht mehr rothgrau, oder grüngrau, gelbgrau oder blaugrau ist, sondern mit dem aus weiss und schwarz gemischten Grau übereinstimmt. Es muss also, wenn wir Ultramarin und Gelb mischen, in dem Blau eine solche Menge blauen Lichtes enthalten sein, dass sie gerade durch das von dem gelben Felde reflectirte gelbe compensirt wird. Die Mengen Weiss, die dabei in jeder von beiden enthalten ist, sind an und für sich ganz gleichgültig.

Es führt uns dies auf eine neue Eigenschaft der Farben, auf ihre Intensität. Die Helligkeit der Farbe hängt ab von der Menge des Lichtes, das sie überhaupt zurückstrahlt. Die Intensität der Farbe hängt aber ab von der Menge des Lichtes ihrer eigenen, ihrer specifischen Farbe, welche sie zurückstrahlt. Die Sättigung drückt das Verhältniss aus zwischen diesem specifischen Lichte und dem weissen Lichte, mit dem es gemischt ist, so dass die Sättigung ein Maximum ist, wenn die Menge des Weiss Null ist, während umgekehrt die Sättigung ein Minimum ist, das heisst die Farbe entweder Weiss oder Grau ist, wenn gar keine specifische Farbe vorhanden ist. Mittels eines solchen Maxwell'schen Farbenkreisels kann man auch wiederum beweisen, dass die Farbe des gewöhnlichen Tageslichtes nicht weiss, sondern röthlich ist, ja man kann sogar zeigen, dass nicht unbeträchtliche Mengen von rothem Lichte in demselben überschüssig sind. Man nimmt ein ultramarinblaues Papier und ein weisses und lässt diese miteinander rotiren, so bekommt man eine lichte Mischfarbe. Diese fällt aus der Schattirung, sie geht zum Violett, ein Zeichen, dass das gewöhnliche Tageslicht nicht weiss, sondern röthlich ist. Um dieses Roth zu compensiren schaltet man einen grünen Sector ein, und man sieht, dass man je nach der Helligkeit der Farbe einen mehr oder weniger breiten grünen Sector einschalten muss, um das überschüssige Roth des Tageslichtes zu compensiren und auf diesem Wege die helle Schattirung zum Ultramarinblau zu erhalten.

Von dem Verharren des Lichteindruckes im Auge ist noch eine Reihe von anderweitigen Anwendungen gemacht worden, von denen wir hier einige besprechen müssen. Zunächst kann man dadurch den Weg eines sich sehr schnell bewegenden Körpers beobachten. Den Weg einer schwingenden Basssaite kann man an und für sich nicht deutlich wahrnehmen. Wenn man aber auf derselben einen kleinen, glänzenden Metallknopf, z. B. einen Stecknadelkopf anbringt und die Basssaite anreisst und sie so betrachtet, dass sie sich perspectivisch verkürzt; so sieht man an diesem Metallknopf den Weg, den die Basssaite beim Schwingen beschreibt. In ähnlicher Weise kann man durch Anbringen von Lichtreflexen auf schwin-

genden Stäben, den Weg, den sie beschreiben, beobachten. In neuerer Zeit hat namentlich Helmholtz dies benützt, um mittelst Stimmgabeln die Zusammensetzung von Schwingungen zu studiren. Er hat zu diesem Zwecke ein eigenes Instrument, das Vibrationsmikroskop, angegeben und in seinem Werke über Tonempfindungen beschrieben. Man sieht hier durch eine Lupe, die durch eine schwingende Stimmgabel vertical auf- und abbewegt wird, auf ein beleuchtetes Stärkekörnchen, das von einer anderen Stimmgabel horizontal hin- und her bewegt wird. In neuester Zeit hat Marey die Dauer des Lichteindruckes benützt, um den Weg zu sehen, welchen die Flügel der Insecten beschreiben. Er hat einer Brummfliege auf den vorderen Rand des Flügels gegen das Ende hin ein kleines Stückchen Blattgold aufgeklebt. Wenn nun das Thier mit seinen Flügeln schlägt, so sieht man an dem Lichtreflexe den Weg, welchen der Flügel in der Luft beschreibt. Wenn die Bewegung in der Weise periodisch ist, dass jeder Punkt des sich bewegenden Körpers nach bestimmten, gleichen Zeiten immer wieder an denselben Ort zurückkehrt, so kann man nicht nur den Weg, sondern die Bewegung selbst für das Auge darstellen. Denken Sie sich, es hätte ein Körper die Schwingungsdauer t und er würde mir immer wieder sichtbar in Intervallen von der Dauer $n t$, worin n irgend eine ganze Zahl bedeuten soll, so würde ich ihn jedes Mal an demselben Punkte sehen, und da diese Eindrücke sehr rasch aufeinander folgen sollen, so würde ich diesen Körper im Zustande der Ruhe sehen. Nun denken Sie sich aber, der Körper würde mir nicht sichtbar nach Intervallen von der Dauer $n t$, sondern nach Intervallen von der Dauer $nt + k$, worin k eine verhältnissmässig kleine Grösse, einen geringen Bruchtheil von t bezeichnen soll, so würde ich ihn nun nicht mehr an demselben Orte sehen, sondern ich würde ihn an einer andern Stelle sehen, bis zu der er in der Zeit k vorgerückt ist. Das nächste Mal werde ich ihn wieder etwas weiter vorgerückt sehen, und da diese Eindrücke sehr rasch auf einander folgen sollen, so wird in meinem Auge ein continuirlicher Eindruck entstehen in der Weise, als ob sich der Körper in seiner natürlichen Schwingungsrichtung fortbewegte. Wenn ich mir denke, ich bekäme ihn wiederum zu Gesichte in Intervallen von $nt - k$, so würde ich ihn auch seinen natürlichen Weg machen sehen, aber rückwärts. Dieses Princip ist zuerst von Savart angewendet worden, um die periodischen Bewegungen in einem Wasserstrahle zu beobachten. Es ist dann später in seinen Methoden und Anwendungen von Doppler entwickelt. In neuerer Zeit hat auch Toepler über dasselbe gearbeitet. Das Sichtbarmachen und das Verschwinden des sich bewegenden Körpers kann wesentlich in zweierlei Weise hervorgebracht werden; erstens dadurch, dass man den Körper in der Periode $nt + k$ momentan beleuchtet, oder dadurch, dass man den Körper periodisch verdeckt und ihn in Perioden von $nt + k$ frei werden lässt.

Andererseits kann man auch periodische Bewegungen bildlich darstellen. Dazu dienen die sogenannten stroboskopischen Scheiben, die unabhängig von einander von Purkinje, von Plateau und von Stampfer erfunden worden sind. Sie beruhen darauf, dass ein in periodischer Bewegung begriffener Körper in bestimmten Lagen gezeichnet und in diesen Bildern dem Auge schnell nacheinander dargeboten wird. Man lässt so immer Bilder der veränderten Lage aufeinander folgen, bis endlich die

periodische Bewegung alle ihre Phasen durchgemacht hat. So stellt man kreisförmige, geradlinige und elliptische Schwingungen, so stehende und fortschreitende Wellen, Maschinentheile in Bewegung, ein sich contrahirendes Herz u. s. w. dar. Es kann dies auf zweierlei Weise erzielt werden. Entweder dadurch, dass man zwei Scheiben hintereinander auf einer Axe befestigt, wovon die vordere Spalten hat und die hintere die Abbilder trägt, so dass man dann während der Umdrehung durch die Spalten auf die Abbilder sieht. Das ist die Purkinje'sche Construction, das sogenannte Kinesoskop. Oder dadurch, dass die beiden Scheiben miteinander vereinigt sind, das heisst, dass eine und dieselbe Scheibe die Abbilder trägt und zwischen ihnen und der Peripherie die Spalten, durch welche man nun während der Umdrehung die Bilder in Spiegel ansieht. Das ist die Construction von Plateau und von Stampfer. Man kann endlich auch eine Erscheinung des localen Contrastes auf der Netzhaut sehr gut darstellen durch das Princip der Persistenz der Erregungszustände. Man trägt auf einer schwarzen Scheibe weisse Sectoren auf. Die Winkelwerthe der weissen Sectoren nehmen gegen die Peripherie hin immer mehr ab und zwar mit jedem neuen Ringe um die Hälfte. (Fig. 28.) Wenn man diese Scheibe in Drehung versetzt, so entsteht ein System von grauen Ringen. Diese werden immer dunkler gegen die Peripherie hin. Das ist begreiflich, weil die Menge des dem Schwarz beigemengten Weiss gegen die Peripherie hin immer geringer wird. Zugleich bemerkt man aber, dass jeder Ring da am dunkelsten ist, wo er an den nächsten helleren anstösst, und da am hellsten, wo er an den nächsten dunkleren anstösst, so dass das Princip des Contrastes nicht nur platzgreift im Centralorgane überhaupt, sondern auch in den einzelnen Partien des Sehfeldes. Mach hat diese Scheibe, während sie rotirte, photographirt, und noch an der Photographie konnte man unterscheiden, dass die Ringe immer dunkler erschienen, da wo sie an einen helleren angrenzen, und da heller, wo sie an einen dunkleren angrenzen. Wenn man Krystallmodelle oder andere von ebenen Flächen begrenzte Körper, die aus Gyps gegossen oder weiss angestrichen sind, beobachtet, wird man auch bemerken, dass die gleichmässig beleuchteten Flächen da heller erscheinen, wo sie an schwächer beleuchtete angrenzen, und da dunkler, wo sie an stärker beleuchtete angrenzen.

Fig. 28.



Daraus, dass die Ringe, die jene Scheibe bei der Drehung gibt, immer im Allgemeinen mit der Abnahme der Breite des Sectors dunkler werden, geht schon hervor, dass ein Lichteindruck eine gewisse Zeit braucht, um zu seiner vollen Wirkung zu gelangen: denn, wenn er auch in der kleinsten Zeit seine volle Wirkung ausüben könnte, so müssten ja alle diese Ringe gleichmässig weiss sein. Sigmund Exner hat nun mit einem Apparate, der von Helmholtz angegeben ist, und der von ihm mit dem Namen des Tachistoskops bezeichnet wurde, den zeitlichen Verlauf der Erregung untersucht und gefunden, dass die Zeit, welche ein

Lichteindruck braucht, um zu seiner vollen Wirkung zu gelangen, sehr verschieden ist, je nach der objectiven Helligkeit, und zwar zeigt es sich hier, dass, wenn die objective Helligkeit in geometrischer Progression zunimmt, die Zeiten, die zur Erreichung der vollen Wirkung nöthig sind, in arithmetischer Progression abnehmen. Wenn man deshalb sagt, dass etwa der fünfte Theil einer Secunde dazu nöthig sei, dass ein Lichteindruck seine volle Wirkung ausübe, so gilt das nur von einem Lichteindrucke von mittlerer Stärke, wie ihn etwa ein von gewöhnlichem diffusem Tageslichte beleuchtetes Blatt Papier hervorbringen kann. Stärkere Lichtintensitäten brauchen beträchtlich kürzere Zeit, während andererseits geringere Lichtintensitäten längere Zeit zur Entwickelung ihrer vollen Wirkung brauchen.

Wir haben ferner gesehen, dass es für die Erregung eine gewisse Reizschwelle gibt, das heisst eine gewisse Intensität, welche ein objectives Licht haben muss, um wirklich eine Erregung hervorzurufen. Da nun hier die Wirkungen sich zeitlich allmälig entwickeln, so ist es von vorneherein klar, dass es auch zeitlich eine gewisse Reizschwelle geben wird, dass ein Licht von einer gewissen Intensität immer eine gewisse Zeit eingewirkt haben muss, ehe man es überhaupt bemerkt. Auch diese Zeit ist von Exner mit dem früher erwähnten Apparate untersucht worden, und es hat sich auch hier ergeben, dass, wenn die objective Lichtintensität im geometrischen Verhältnisse zunimmt, die für die Wahrnehmung nöthigen Zeiten in arithmetischer Progression abnehmen.

Nachbilder.

Wenn ein Lichteindruck eine Zeit lang gedauert hat, so verschwindet er wieder. Es fragt sich nun, kommt dann die Netzhaut sofort in Ruhe, oder setzt sich etwas an seine Stelle? Das ist verschieden, je nach der Stärke des Lichteindruckes, der hervorgebracht worden ist. Diese hängt wiederum ab von der Stärke des objectiven Lichtes und von der Zeit, während welcher das objective Licht eingewirkt hat. Nach stärkeren Reizen erfolgen Nachbilder, die vielfach von Purkinje, Plateau und Fechner studirt worden sind. Man theilt sie ein in gleichgefärbte und in complementär gefärbte, also in solche, die dieselbe Farbe haben, wie das Object, und in solche, die die entgegengesetzte, die complementäre Farbe haben. Man theilt sie ferner ein in positive und in negative, wobei man diesen Bezeichnungen denselben Sinn unterlegt, wie er in der Photographie gebräuchlich ist. Man nennt nämlich positiv dasjenige Nachbild, in welchem das hell ist, was im Objecte hell ist, und negativ nennt man dasjenige Nachbild, in welchem das dunkel ist, was im Objecte hell ist.

Das erste Nachbild, das zur Erscheinung kommt, ist das positive complementär gefärbte Nachbild, das von Purkinje entdeckt worden ist. Purkinje beschrieb, dass, wenn er eine glühende Kohle langsam herumschwang, er hinter derselben einen rothen Streifen gesehen; das war die directe Verlängerung des Lichteindruckes. Dann sei ein kurzes dunkles Intervall gekommen und hierauf ein grünes Bogenstück, ein grünes Nachbild, das sich weniger im Raume ausbreitete als der rothe Streifen, der vom verlängerten directen Lichteindrucke herrührte. Dieses

Grün setzt sich hell auf dunklem Grunde ab. Einige sehen dieses Nachbild etwas anders. Exner beschreibt es so, dass das dunkle Intervall fehlt, und das Roth durch eine Art von Grau in das Grün des positiven complementär gefärbten Nachbildes übergeht. Man kann dieses positive complementär gefärbte Nachbild auch sehen, wenn man längere Zeit in eine Kerzenflamme durch ein farbiges z. B. rothes Glas hineinstarrt. Wenn man dann plötzlich, ohne den Augapfel mit den Augenlidern zu drücken, die Augen schliesst, sieht man eine grüne Flamme, in der das hell ist, was in der Flamme selbst hell ist, und das dunkel, was in der Flamme selbst dunkel ist, also ein positives complementär gefärbtes Nachbild.

Die positiven gleich gefärbten Nachbilder muss man ansehen als hervorgegangen aus der Wiederkehr des Erregungszustandes, welchen das ursprüngliche Licht hervorgebracht hat, die negativen Nachbilder aber, die immer complementär gefärbt sind, sind Abstumpfungsbilder, das heisst sie rühren daher, dass das einwirkende Licht eine Partie unserer Netzhaut unterempfindlich gemacht hat für objectives Licht, und dass deshalb, wenn wir zum Beispiele rothes Licht gesehen haben, der Eindruck von Roth fehlt, wenn gemischtes Licht auf dieselbe Stelle fällt, und deshalb an dieser Stelle der Eindruck von Grün entsteht, welches dunkler ist als der Grund. Es ist über die Richtigkeit dieser Erklärung gestritten worden, weil dieses negative complementär gefärbte Nachbild auch bei geschlossenen Augen, ja selbst wenn man die Augen mit beiden Händen bedeckt, gesehen wird. Fechner hat aber darauf aufmerksam gemacht, dass dies damit zusammenhängt, dass wir unsern Sehnerven niemals im Zustande der völligen Ruhe empfinden, dass wir auch, wenn wir die Augen mit den Händen bedecken, nicht ganz schwarzes Sehfeld haben, sondern gewöhnlich ein Sehfeld, das uns etwas gelblich, wie mit feinem Goldstaub durchstreut erscheint, und dass in diesem subjectiven Lichte auch die Farbe fehlt, die die Erregung hervorgebracht hat, und deshalb ein Nachbild in complementärer Farbe und dunkler als der übrige Grund erscheint. Die Richtigkeit seiner Erklärung bestätigt sich dadurch, dass, wenn man die Hände etwas lüftet und Licht durch die Augenlider hineinfallen lässt, diese Bilder nicht verschwinden, sondern sich deutlicher auf dem nun helleren Grunde absetzen. Bei starken monochromatischen Lichteindrücken, z. B. wenn man durch ein rothes Glas in die Sonne sieht, folgen sich die Nachbilder gewöhnlich in folgender Weise. Erst das positive gleichgefärbte Nachbild, dann ein negatives complementär gefärbtes Nachbild, dann taucht wieder, wenn ein hinreichend starker Eindruck gemacht ist, ein positives gleichgefärbtes Nachbild auf, dann wechseln negatives complementär gefärbtes und positives gleichgefärbtes Nachbild mehrmals mit einander ab, um so häufiger, je stärker der Eindruck gewesen ist, und endlich steht das negative complementär gefärbte Nachbild noch eine Weile, und die Retina kommt dann wieder zur Ruhe. Wenn der Eindruck nicht von monochromatischem Lichte gemacht wurde, sondern von weissem, gemischtem Lichte, hat man keineswegs immer weisse oder schwarze Nachbilder, sondern bei stärkeren Lichteindrücken hat man farbige Nachbilder, bei denen eine Farbe die andere verdrängt. Das beruht darauf, dass die Nachbilder der verschiedenen Farben zeitlich auseinanderfallen, und deshalb auch nicht miteinander Weiss

geben können, sondern verschiedene Farben nacheinander zum Vorschein kommen. Man hat dies mit dem Namen des Abklingens des Nachbildes durch verschiedene Farben bezeichnet. Es ist dabei merkwürdig, dass, wenn man ein positives Nachbild von einer bestimmten Farbe bei geschlossenen und bedeckten Augen hat, und man das Auge öffnet und auf einen hellen Grund sieht, auf dem hellen Grunde das negative complementär gefärbte Nachbild auftritt. Das Auge ist also objectiv unterempfindlich gegen die Farbe, die es eben subjectiv empfunden. Wenn nun kein Nachbild mehr vorhanden ist, so ist doch nach den Lichteindrücken das Auge nicht ganz in seinem Normalzustande, in ähnlicher Weise, wie wir gesehen haben, dass ein Nerv, durch den ein Strom hindurchgegangen ist, noch nicht ganz in seinem Normalzustande ist, wenn auch kein Oeffnungstetanus mehr vorhanden ist. Dies zeigt sich an einer Verstimmung der Retina, in welcher die Farben anders wahrgenommen werden als sonst, und das gibt Veranlassung zu einer neuen Art von Contrastwirkungen. Durch den dauernden Eindruck einer Farbe ist die Retina unterempfindlich geworden gegen dieselbe Farbe und man sieht daher die complementäre Farbe subjectiv verstärkt. Wenn wir eine Zeit lang auf einen rothen Gegenstand gesehen haben, und sehen von demselben weg auf einen grauen Gegenstand, so erscheint uns dieser grünlich, und umgekehrt, wenn längere Zeit hindurch grünes Licht auf unser Auge eingewirkt, so erscheint uns ein anderer Gegenstand, auf den wir sehen, röthlich u. s. w.

Thomas Young's Theorie.

Es handelt sich nun darum, wie sollen wir uns alle diese Farbenerscheinungen erklären, wie sollen wir uns überhaupt eine Vorstellung davon machen, dass es möglich sei, dass wir so viele Arten von Farben unterscheiden? Unterscheiden wir sie, weil in ein und derselben Art von Nerven durch sie verschiedene Erregungszustände hervorgerufen werden, oder unterscheiden wir sie dadurch, dass wir verschiedene Arten von Nervenfasern im N. opticus haben, die jede, sie mögen von was immer für Licht erregt werden, wenn sie einmal erregt, uns immer eine bestimmte Farbenempfindung verursachen? Wenn ich sage, verschiedene Arten von Nervenfasern, so meine ich hier, wie anderswo, nicht dass die Nervenfasern als solche verschieden sein müssen, sondern nur, dass sie mit verschiedenartigen Centralgebilden, Nervenzellen des Centralorgans, verbunden sind, und dass uns qualitativ verschiedene Empfindungen erwachsen, je nachdem die eine oder die andere Art von Centralgebilden erregt wird. Die erstere Vorstellung, die, dass die verschiedenen Farben je nach ihrer Wellenlänge verschiedene Erregungszustände im N. opticus hervorriefen, war bis vor verhältnissmässig kurzer Zeit die herrschende. Aber Thomas Young hatte schon im Anfange dieses Jahrhunderts eingesehen, dass man mit dieser Art der Erklärung nicht auskommen könne, und er stellte deshalb eine andere Theorie auf, die ganz in Vergessenheit gerathen war, bis Helmholtz sie von Neuem auseinandergesetzt und mit neuen Beweismitteln gestützt hat. Die Young-Helmholtz'sche Theorie von der Perception der Farben sagt aus, dass sich im Sehnerven dreierlei Arten von Nervenfasern befinden, von

denen die einen, wenn sie erregt werden, uns die Empfindung Roth verursachen, die andern die Empfindung Grün und die dritten die Empfindung Violett hervorrufen. Alle drei Arten von Nervenfasern können zwar erregt werden durch alle Strahlen, die uns überhaupt leuchtend erscheinen, aber diejenigen, welche uns die Empfindung Roth verursachen, werden am stärksten von den langwelligen Strahlen erregt, die Nervenfasern, welche uns die Empfindung Violett verursachen, werden am stärksten durch die kurzwelligen Strahlen des Spectrums erregt, und diejenigen Nervenfasern, welche uns die Empfindung Grün verursachen, werden am stärksten erregt durch die Strahlen von einer mittleren Wellenlänge, durch die Strahlen, die dem spectralen Grün an Wellenlänge entsprechen. Fällt nun auf unser Auge monochromatisch rothes Licht, so wird dies alle Nervenfasern erregen, aber die rothempfindenden am stärksten, wir werden also Roth sehen. Fällt grünes Licht in unser Auge, so wird es alle Arten von Nervenfasern erregen, aber die grünempfindenden am stärksten, wir werden also Grün sehen. Wenn violettes monochromatisches Licht in unser Auge fällt, wird es alle Arten von Nervenfasern erregen, aber die violettempfindenden am stärksten, wir werden also Violett sehen. Wenn monochromatisch gelbes Licht in unser Auge fällt, so wird es sowohl die rothempfindenden, als auch die grünempfindenden Fasern relativ stark erregen, und dadurch wird für uns ein gemischter Eindruck entstehen, den wir Gelb nennen. Ist die Wellenlänge grösser, wird das Roth vorherrschend, und wir werden Orange sehen. Ist die Wellenlänge etwas geringer, so wird die Erregung der grünempfindenden Fasern vorherrschend, und wir werden Gelbgrün sehen. Wirkt monochromatisch blaues Licht auf unsere Netzhaut, so werden sowohl die grün- als die violettempfindenden Fasern erregt, dadurch wird ein gemischter Eindruck entstehen, welchen wir Blau nennen. Ist die Wellenlänge der Strahlen etwas grösser, so wird der Eindruck zum Grün hinziehen, indem die grünempfindenden Fasern stärker erregt werden. Wird dagegen die Wellenlänge kürzer, wird er mehr zu Indigo und Ultramarin ziehen, weil nun die violettempfindenden Fasern stärker erregt werden.

Da jede Art von Licht nach dieser Theorie alle drei Arten von Nerven erregt, so sind nach ihr auch die reinen Spectralfarben nicht absolut gesättigt und in der That hat Helmholtz gezeigt, dass man ihre Sättigung dadurch noch erhöhen kann, dass man das Auge vorher gegen die Complementärfarbe abstumpft.

Wir haben gesehen, dass ganz ähnliche Eindrücke, wie sie die einzelnen Spectralfarben hervorbringen, auch hervorgebracht werden können durch gemischte Farben. Dass z. B. Roth und Grün, welches wir auf dem Farbenkreisel miteinander mischen, Gelb geben, dass Grün und Violett miteinander Blau hervorbringen können u. s. w. An der Erklärung dieser Erscheinung ist man früher, ehe die Young'sche Theorie wieder in Aufnahme kam, immer gescheitert. Man hat sie erklären wollen aus der Wellentheorie nach dem Principe der Interferenz. Aber man ist hiebei niemals zu Resultaten gelangt, die mit der Wirklichkeit übereinstimmen, und es lässt sich auch leicht zeigen, dass überhaupt nach dem Principe der Interferenz diese Erscheinungen nicht erklärt werden können. Denn erstens kommt es nicht nur darauf an, welche Farben wir miteinander

mischen, sondern auch darauf, in welcher Menge wir dieselben miteinander mischen. Ich kann aus einem bestimmten Roth und einem bestimmten Grün alle dazwischen liegenden Arten Gelb mischen, einfach dadurch, dass ich einmal mehr die Intensität des Grün und das andere Mal mehr die Intensität des Roth wachsen lasse: zweitens aber, und das ist ein absolutes Hinderniss für jede Erklärung aus der Undulations-Theorie, ich kann die Farben für mein Gesicht in der Weise mischen, dass die eine Farbe nur in das eine Auge und die andere Farbe nur in das andere Auge hineinkommt. Wenn ich dem einen Auge Roth und dem andern Blau darbiete und fixire einen bestimmten Punkt, so sehe ich, wie wir später noch näher kennen lernen werden, Violett. Hiemit ist jede Art von physikalischer Erklärung solcher Farbenmischung ausgeschlossen. Die Young'sche physiologische Theorie gibt aber eine sehr einfache Erklärung. Sie sagt nämlich: Wenn gemischtes oder monochromatisch rothes Licht auf meine Augen wirkt, so erregt es alle Fasern, aber die rothempfindenden am stärksten und wenn grünes Licht, gemischtes oder monochromatisches, auf meine Augen einwirkt, so erregt es alle Fasern, aber die grünempfindenden am stärksten. Beide gleichzeitig geben also einen gemischten Eindruck, der Gelb ist, weil er analog ist demjenigen Eindrucke, den das gelbe Licht hervorbrachte, das auch alle Fasern erregte, aber die roth- und grünempfindenden Fasern stärker als die violettempfindenden. Mit dieser Erklärung ergibt sich auch sehr leicht, warum man alle Nuancen zwischen Grün und Roth hervorbringen kann, je nachdem man die Intensität der einen oder der andern Strahlen steigert. Man bringt nämlich durch Steigern der Intensität des rothen Lichtes dasselbe hervor, was man bei Versuchen mit monochromatischem Lichte dadurch hervorbringt, dass man von Gelb weiter gegen Roth hin geht. Wenn ich aber bei gemischtem Lichte die Intensität des Grün steigere, wird die Erregung der grünempfindenden Fasern grösser, ich bringe also dasselbe hervor, als wenn ich mich bei Versuchen mit monochromatischem Lichte gegen die Seite des Grün hin begebe.

Es kann noch darüber discutirt werden, welche die Grundfarben seien, da es ja möglich sein würde, auch aus anderen Farben, als aus Roth, Grün, Violett, die übrigen zu mischen. Man hat in früherer Zeit Roth, Gelb und Blau allgemein als die Grundfarben aufgestellt. Dies rührte daher, dass man aus Pigmenten zwar Grün und Violett aber nicht Gelb und Blau mischen konnte. Aber das ist hier durchaus nicht massgebend, weil bei den Pigmenten, wie wir früher gesehen haben, durch Subtraction gemischt wird, und auf der Netzhaut, in unserer Empfindung, durch Addition, durch gleichzeitige Erregung mehrerer Arten von Nervenfasern. Die neueren Untersuchungen haben einhellig zu dem Resultate geführt, dass Roth und Grün zwei der Grundfarben seien, über das Violett ist man noch nicht vollständig einig. Während Thomas Young und Helmholtz das eigentliche Violett für die dritte Farbe halten, sind Maxwell und Exner der Meinung, dass es nicht das eigentliche Violett sei, sondern die als Indigo bezeichnete Zone, die zwischen dem eigentlichen Violett und dem Blau liegt. Exner sagt: Die Grundfarben erregen zwar alle Fasern, aber immer eine am stärksten. Da aber andererseits die gemischten Farben immer zwei Arten von Nervenfasern stärker erregen, so muss man die gemischten Farben mehr als die Grundfarben verändert finden,

wenn man das Auge gegen eine Art von Licht abstumpft und dann die betreffende Spectralfarbe ansieht. Diejenigen Farben, welche sich so untersucht am unveränderlichsten zeigen, das müssen die Grundfarben sein. Er ist auf diese Weise zu dem Resultate gekommen, dass Roth und Grün zwei der Grundfarben seien; er fand aber, dass Violett veränderlicher ist, als jene Zone des Indigo. Wenn er sein Auge gegen Roth abstumpfte, so erschien ihm spectrales Violett mehr Blau, wenn er dagegen sein Auge durch intensives blaues Licht abstumpfte, dann erschien ihm das Violett auffällig röther als im gewöhnlichen Zustande.

Farbenblindheit.

Die Young'sche Theorie erklärt auch die Farbenblindheit in einer anderen und befriedigenderen Weise, als wir sie früher haben erklären können. Es existiren Individuen, welche Farben fast gar nicht unterscheiden. Diese sind selten. Es existirt aber eine grosse Anzahl von Individuen, welche zwar die Farben unterscheiden, welche aber beim Angeben des Namens der Farbe ganz auffällige Missgriffe machen und sich mit ihrer Umgebung niemals über den Namen, welcher einer Farbe zu geben sei, einigen können. Die erste Art, die Farben überhaupt nur sehr wenig unterscheidet, ist, wie gesagt, sehr selten. Ein derartiger berühmter Fall existirt in einem englischen Optiker, der sagte, er sehe im Sonnenspectrum keine Farben, er sehe wohl das Ende, welches die Leute violett nennen, etwas anders als das andere Ende, aber bestimmte Farben könne er weiter daran nicht unterscheiden. Es ist kaum möglich, eine solche Abwesenheit der Farbenempfindung aus einer blossen Stumpfheit für qualitativ verschiedene Sinneseindrücke abzuleiten, auf welche man z. B. gewisse Grade von Mangel an musikalischem Gehör zurückführen muss. Man muss in einem solchen Falle, wenn man der Young'schen Theorie folgt, annehmen, dass zwei Arten von Nervenfasern im Auge gelähmt oder wenigstens im hohen Grade unterempfindlich waren, und nur eine ihre normale Empfindlichkeit hatte, und dass deshalb, weil nur eine Farbe vorhanden war, überhaupt von keinem Unterscheidungsvermögen für Farbe die Rede sein konnte. Die übrigen Individuen aber, die Farben unterscheiden, die sie nur falsch benennen, das sind sämmtlich solche Individuen, bei denen eine Farbe fehlt, oder doch nur sehr schwach empfunden wird, bei denen wir also nach der Young'schen Theorie annehmen müssen, dass eine Art der Fasern entweder gänzlich gelähmt oder doch in hohem Grade unterempfindlich sei. Die meisten der Fälle dieser Art lassen sich darauf zurückführen, dass die Leute kein Roth empfinden. Der älteste Fall, durch den man erst den Schlüssel zu dieser Form der Farbenblindheit erhielt, bezieht sich auf einen Schneider zu Plymouth, der fortwährend Widerwärtigkeiten beim Aussuchen des Tuches hatte, weil er allerhand seltsame Irrthümer beging. Man wusste nicht, woran das lag, man wusste nur, dass er die meisten Farben falsch benenne. Eines Tages bekam er ein schwarzes Beinkleid zu flicken und gab dasselbe mit einem rothen Lappen geflickt zurück. Jetzt zeigte es sich, worin der eigentliche Fehler seines Gesichtes liege; er sah kein Roth. Ich habe Gelegenheit gehabt, einen jungen, sehr intelligenten Mann zu untersuchen, der an demselben Gesichtsfehler litt. Er gab die Farben

fortwährend falsch an, weil ihm eben Roth fehlte, und zwar in solchem Grade, dass, als man ihm pulverförmigen Karmin in einem Glase zeigte und ihn fragte, wie das aussehe, er sagte: „Dunkel; es könnte vielleicht Roth sein." Wo also eine solche Unterempfindlichkeit für eine der Grundfarben existirt, da können die Farben nicht in der gewöhnlichen Weise unterschieden und benannt werden.

Unterscheidungsvermögen der Netzhaut.

Wir verlassen jetzt die Erregungszustände der Netzhaut im Allgemeinen und gehen auf das Unterscheidungsvermögen über und auf die örtliche Verschiedenheit desselben. Es ist klar, dass, da in der Netzhaut nur eine bestimmte Summe von Sehnervenfasern ihre Endigung findet, jedesmal auch nur eine bestimmte Summe von Localzeichen an das Gehirn überliefert werden kann. Wir werden also von einem gegebenen Raume des Sehfeldes auch nur immer eine bestimmte Summe von Localzeichen bekommen können. Es wird demnach unser Unterscheidungsvermögen eine gewisse Grenze haben, und wenn wir diese Grenze überschreiten, so werden die Farbeneindrücke zusammenfliessen. Wenn wir z. B. eine Abwechslung von sehr kleinen blauen und gelben Feldern haben, so werden diese Felder blau und gelb erscheinen, wenn wir sie in der Nähe ansehen. Entfernen wir uns aber weiter, wird der Sehwinkel immer kleiner, so werden sie endlich zusammenfliessen, die Farben werden sich aufheben und wenn wir die Felder gegeneinander richtig abgepasst haben, werden wir neutrales Grau erhalten.

Es wird dies von den Malern benützt, um bei grossen Bildern, die für einen weiten Abstand bestimmt sind, Farben durch Addition auf der Netzhaut zu mischen. So setzen sie z. B., namentlich der berühmte Landschaftsmaler Hildebrandt bediente sich dieses Kunstgriffs, Zinnober und Grün nebeneinander um Gelb zu erzeugen.

Es fragt sich nun, welches ist die Grenze unseres Unterscheidungsvermögens, und wie stimmt diese überein mit der Grösse unserer Netzhautelemente? Wir sind durch anderweitige Gründe dazu geführt die Zapfen als die ersten Angriffspunkte für das Licht anzusehen. Wir müssen daher auch von vorne herein der Meinung sein, dass nur zwei Punkte nebeneinander als zwei Punkte gesehen werden können, die sich auf zwei verschiedenen Zapfen abbilden, dass aber zwei Punkte, die so nahe bei einander liegen, dass sie Beide auf einem und demselben Zapfen abgebildet werden können, auch nur einen Eindruck geben. Diese Voraussetzung bestätigt sich auch. Wenn man mit stark beleuchteten Linien die Gesichtsschärfe untersucht, indem man zusieht, wie weit man sich von ihnen entfernen und sie doch getrennt sehen kann, und daraus die Abstände der Netzhautbilder von einander berechnet, so findet man, dass diese Abstände mit der Breite der Zapfen übereinstimmen. Helmholtz unterschied noch zwei weisse Striche, die so weit von einander entfernt waren, dass zwei gerade Linien in gleicher Höhe von der Mitte jedes dieser graden Striche zu den correspondirenden Punkten des Netzhautbildes gezogen sich unter einem Winkel von 64″ kreuzten. Aber nicht immer und namentlich nicht an punktförmigen Bildern bewährt sich die Sehschärfe bis zu diesem Grade. Zwei Sterne, deren Winkelabstand 30 bis 60″

beträgt, erscheinen auch nicht kurzsichtigen Augen meistens als ein Stern. Helmholtz hat bei seinen Beobachtungen die merkwürdige Wahrnehmung gemacht, dass zuletzt die schwarzen und weissen Striche nicht gerade bleiben, sondern dass die schwarzen sich etwas im Zickzack biegen und die dazwischen liegenden weissen kleine Anschwellungen bekommen. Er leitet dies von dem Mosaik der Zapfen in der Fovea centralis retinae ab und von der Art und Weise, wie die weissen Striche, die ja das Erregende sind, die in Sechsecken neben einander gestellten Zapfenbasen beleuchten. Die Figuren 29 zeigen *A* die Erscheinung selbst und *B* die schematische Darstellung der Art und Weise, wie sie nach der Ansicht von Helmholtz zu Stande kommt. Die directen Versuche ergeben also, dass wir so scharf sehen, wie wir dies theoretisch nur voraussetzen können, dass also unser Auge als optischer Apparat scheinbar Alles leistet, was nur von ihm erwartet werden kann. Wir werden später Gelegenheit haben, uns darüber einigermassen zu wundern, indem wir sehen werden, dass das Auge als optischer Apparat keineswegs im höchsten Grade vollkommen ist, dass es keineswegs das leistet, was ein idealer optischer Apparat leisten sollte, nämlich alle Strahlen von einem deutlich gesehenen Punkte wieder auf einen Punkt der Netzhaut zu vereinigen. Es kommt aber dafür etwas Anderes in Betracht. Wir tasten mit den Augen in ähnlicher Weise auf dem Gesichtsobjecte herum, wie ein Blinder mit seinen Fingerspitzen auf einem Gegenstande herumtastet, um sich eine klare Vorstellung von der Beschaffenheit, von den Erhebungen und Vertiefungen desselben zu verschaffen. Indem wir mit den Augen auf dem gesehenen Gegenstande herumgleiten, und somit die Bilder der kleinen Gegenstände von einem Zapfen auf den anderen übergehen lassen, verschaffen wir uns deutlichere Vorstellungen, als sie uns ein einmaliger Eindruck verschaffen könnte.

Fig. 29.

A *B*



Dass dem wirklich so sei, davon überzeugt man sich leicht, wenn man den Lichteindruck so kurz macht, dass es unmöglich ist, während dieser kurzen Zeit eine merkliche Augenbewegung auszuführen. Wenn wir einen rotirenden Farbenkreisel mit dem Lichte des electrischen Funkens beleuchten, so sehen wir die Farben nicht gemischt, sondern wir sehen die einzelnen, verschieden gefärbten Sectoren neben einander stehen. Der electrische Funke dauert nur so kurze Zeit, dass der Kreisel während dieser Zeit nur einen sehr kleinen Bruchtheil seiner Umdrehung ausführen kann, dass er sich während dieser Zeit, bei weitem nicht um die Breite eines Sectors gedreht hat, denn sonst müssten die Farben gemischt sein. Nun kann ich diese Beleuchtung durch den electrischen Funken stark genug machen, dass ich die Gegenstände völlig hell sehe; es wird mir aber niemals gelingen, die Gegenstände so deutlich zu sehen, wie ich sie beim ruhigen Ansehen und dauernder Beleuchtung sehe, selbst wenn diese Beleuchtung verhältnissmässig schwach ist. Wenn des Nachts ein starker Blitz die Landschaft erhellt, so sieht man alle Gegenstände hell beleuchtet, aber nicht einmal in der Deutlichkeit, in der man sie in der Dämmerung sieht, weil eben der Eindruck ein

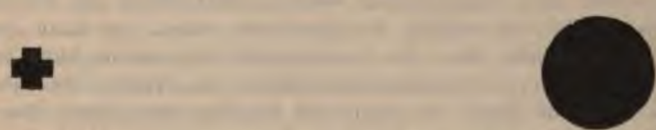
so kurzer ist, dass es nicht möglich ist, sich in den Gesichtsobjecten sicher zu orientiren.

Diese Schärfe des Unterscheidungsvermögens, von der wir eben gesprochen haben, existirt aber nur in der Fovea centralis retinae. Je mehr man sich von dieser entfernt, je mehr man in das sogenannte indirecte Sehen kommt, um so schwächer wird das Unterscheidungsvermögen. Man kann sich davon überzeugen, indem man einen Gegenstand fest ansieht und das eine Auge schliesst und dann einen zweiten Gegenstand unmittelbar neben denselben bringt. Man wird dann, wenn man das Auge für diese Sehweite einstellt, ihn vollkommen scharf sehen können. Bleibt man aber in der Fixation für den anderen Gegenstand und bewegt diesen Gegenstand seitlich fort, so wird man bemerken, dass das Bild immer undeutlicher wird. Gegen die Ora serrata hin ist das Unterscheidungsvermögen ein so stumpfes, dass wir die Gegenstände, die sich dort abbilden, die also nahe der Grenze unseres Sehfeldes liegen, nicht mehr in ihrer Form erkennen, dass wir nur noch einen unbestimmten Eindruck davon haben, dass sich daselbst hellere und dunklere und farbige Gegenstände befinden.

Mariotte's blinder Fleck.

Es gibt einen Punkt der Netzhaut, mit dem wir gar nichts sehen, und das ist die Eintrittsstelle des N. opticus. Weshalb wir mit dieser Eintrittsstelle nicht sehen ist begreiflich. Wir sehen nämlich mit dieser Stelle nicht, weil hier keine Zapfen- und Stäbchenschicht vorhanden ist, sondern das Licht, das hier auffällt, nur die austretenden Fasern des N. opticus trifft. Mariotte bemerkte zuerst, dass man diesen blinden Fleck im Sehfelde sich subjectiv bemerklich machen kann. Man macht zwei Zeichen auf einem Papiere, ein Kreuz und eine Kreisscheibe (siehe Fig. 30),

Fig. 30.



man schliesst dann das eine Auge und fixirt dasjenige Zeichen, welches nach der Nasenseite hin liegt, und nun nähert und entfernt man das Papier. Dann kommt man auf eine Stellung, wo bei fester Fixation das äussere Bild, das an der Schläfenseite, verschwindet. Nähert man das Bild wieder oder entfernt es, so kommt es wieder zum Vorschein. Dieser blinde Fleck im Sehfelde heisst nach Mariotte der Mariotte'sche Fleck. Er liegt etwa 15° nach auswärts vom Centrum des Sehfeldes, das heisst von dem fixirten Punkte oder von der in sich selbst projicirten Gesichtslinie. Auf der Netzhaut liegt er also etwa 15° nach innen vom Centrum retinae. Er erstreckt sich nämlich von 13° bis 19°, indem er einen Durchmesser von beiläufig 6° oder etwas darüber hat. Will man deshalb die beistehende Figur zum Versuche benutzen, so bringt man das Buch, um eins der Zeichen verschwinden zu lassen, in eine Entfer-

nung von 26 bis 28 Centimeter, gemessen vom oberen Augenlide zum fixirten Zeichen.

Helmholtz hat an seinem Auge den blinden Fleck abgetastet und hat in seinem Handbuche der physiologischen Optik eine Abbildung davon gegeben, in der man nicht nur die Eintrittsstelle des Sehnerven deutlich wieder erkennt, sondern auch den Anfang der grossen Blutgefässe der Netzhaut.

Dioptrik des Auges.

Nachdem wir uns so mit der Art beschäftigt haben, wie sich die Retina gegen Eindrücke verhält, müssen wir uns mit der Art und Weise beschäftigen, wie ihr die Gesichtseindrücke zugeführt werden, wir müssen zu der Dioptrik des Auges übergehen. Man sagt, das Auge sei gebaut nach dem Principe der Camera obscura, weil durch einen Apparat, der im Wesentlichen eine Sammellinse ist, also dem Objectiv der Camera obscura entspricht, auf dem auffangenden Schirme, auf der Netzhaut, ein umgekehrtes Bild entworfen wird, wie ein solches auf dem auffangenden Schirme der Camera obscura zu Stande kommt. Das umgekehrte Bild auf der Netzhaut lässt sich am leichtesten an einem pigmentlosen Kaninchenauge zeigen. Wenn man dasselbe herauspräparirt und es aufhängt, so sieht man die Gegenstände, die demselben gegenüberliegen, auf der Netzhaut in umgekehrtem Bilde durch die hinreichend durchscheinende Sclerotica. In Bezug auf dieses umgekehrte Netzhautbild hat man sich oft die Frage gestellt, wie es denn möglich sei, dass wir die Dinge aufrecht sehen, während sie doch auf der Netzhaut umgekehrt abgebildet werden. Es gibt eine grosse Menge von Theorien, die sich theils damit beschäftigen, zu beweisen, dass das umgekehrte Netzhautbild doch eigentlich nicht verkehrt, sondern aufrecht sei, und andere, die sich damit beschäftigten, durch welche Processe dieses umgekehrte Netzhautbild noch einmal im Gehirn umgekehrt werde und nun aufrecht zum Bewusstsein komme. Alle diese Dinge braucht man begreiflicher Weise nicht: denn, da der Mensch überhaupt nichts von seinem Netzhautbilde weiss, so kann er auch nichts davon wissen, dass das Netzhautbild in seinem Auge verkehrt ist. Er kann nur ein Localzeichen haben von etwas, das unter oder über den Horizont liegt, er kann ein Localzeichen haben von etwas, das rechts, und von etwas, das links liegt, und, da die Localzeichen, die von derselben Oertlichkeit ausgehen, immer wieder analoge Punkte der Netzhaut treffen, so orientirt er sich natürlicher Weise ganz consequent und ganz unbekümmert um sein umgekehrtes Netzhautbild in der Räumlichkeit der Aussendinge. Johannes Müller pflegte schon zu sagen, er begreife nicht, wie man von verkehrt sprechen könne, da, wo einmal Alles umgekehrt sei; da doch dann das Kriterium für das Aufrechte abhanden gekommen sei.

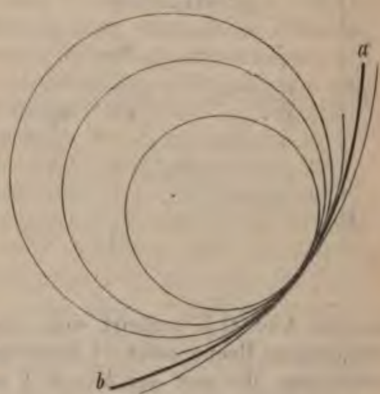
Es fragt sich nun, wie kommt dieses umgekehrte Netzhautbild zu Stande? Es kommt durch Brechung zu Stande. Die Strahlen treffen erst die Oberfläche der Hornhaut; hier werden sie am stärksten gebrochen, weil sie aus einem sehr dünnen Medium, aus Luft, in ein verhältnissmässig dichtes Medium, in die Substanz der Hornhaut übergehen. Dann werden sie ein zweites Mal gebrochen, indem sie aus der Hornhaut in den Humor

aqueus übergehen, der einen niedrigeren Brechungsindex hat, als die Hornhaut. Dann werden sie zum Einfallslothe gebrochen, wenn sie in die Linse übergehen, so lange sie in dichtere Linsenschichten übergehen, dann aber vom Einfallslothe, wenn sie wieder in die dünneren Schichten derselben gelangen und endlich aus der Linse herauskommen. Der Glaskörper hat in seiner Dichtigkeit nur geringe Aenderungen, so dass man den Gang der Strahlen durch denselben als geradlinig betrachten kann.

Wie soll man diese verschiedenen Brechungen der Rechnung unterziehen? Wir haben gewisse hergebrachte Formeln, welche uns erlauben, mit ziemlicher Leichtigkeit die Brennweite, die Ausdehnung der Bilder und die Eigenschaften der Bilder bei sphärischen Linsen zu untersuchen. Nun haben wir aber im Auge nicht mit sphärischen Linsen zu thun, sondern mit lauter Rotationsoberflächen und, wie wir später sehen werden, nicht einmal ganz reinen Rotationsoberflächen, von Curven, die sich am meisten Curven zweiten Grades anschliessen. Wir können uns aber die Sache einigermassen vereinfachen, wenn wir nur Strahlen berücksichtigen, die ganz nahe der Axe einfallen, um welche wir uns die optischen Medien des Auges centrirt denken.

Zu jeder Curve lässt sich ein Kreis finden, der sie an irgend einer Stelle berührt und sich an dieser Stelle möglichst langsam von ihr entfernt. Denken Sie sich, ich hätte an die betreffende Stelle einen berührenden Kreis an eine Curve $a\,b$ (Figur 31) angelegt, und dieser Kreis wachse fortwährend, bleibe aber dabei immer mit der Curve in Berührung (Fig. 31), so wird er eine Zeit lang bei seinem Wachsen sich noch immer nach innen von ihr entfernen, aber später, wenn sein Radius immer grösser wird, wird ein Punkt kommen, wo der Kreis nach aussen von der Curve liegt. Dazwischen muss aber irgend ein Kreis sein, der länger als alle übrigen mit der Curve in unmittelbarer Berührung ist. Von diesem Kreise sagt man, dass er mit der Curve an dieser Stelle die Osculation der höchsten Ordnung habe.

Fig. 31.

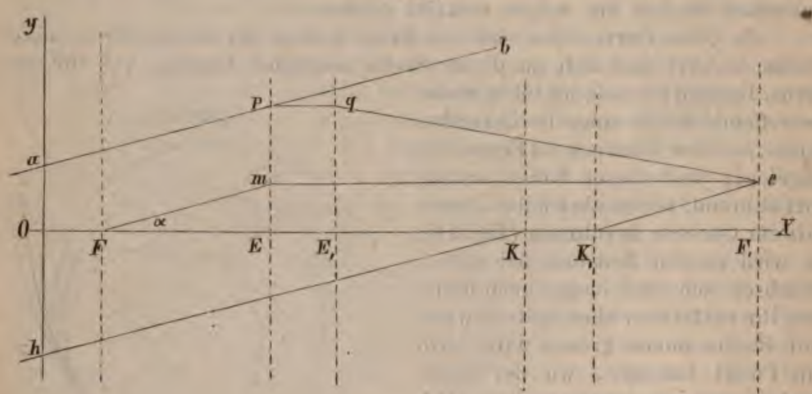


Dieser Kreis lässt sich durch Rechnung finden. Denken Sie sich, ich hätte ihn gefunden und ich drehe nun den Kreis und die Curve um die Senkrechte in dem Berührungspunkte als Axe, so werden dadurch eine Kugel und ein Rotationskörper entstehen, die sich berühren und da, wo sie sich berühren, was hier in einiger Ausdehnung stattfindet, identisch sind. Ich kann also für eine solche Oberfläche, die nicht nach einem Kreise gekrümmt ist, eine sphärische substituiren, die durch die Rotation des Kreises erzeugt wird, der an dieser Stelle mit der Curve die Osculation von der höchsten Ordnung hat.

Auf diese Weise kann ich, so lange es sich um Strahlen handelt, die ganz nahe der optischen Axe einfallen, anderweitigen Rotationsoberflächen sphärische substituiren. Nun hat Gauss eine Rechnung entwickelt, ver-

möge welcher man für jedes optische System, welches nur sphärische Flächen hat, und in dem die sphärischen Flächen alle um ein Axe centrirt sind, durch gewisse Gleichungen, in welche eingehen erstens die Krümmungshalbmesser der brechenden Flächen, zweitens der Abstand der brechenden Flächen von einander, drittens die Brechungsindices der an und zwischen den brechenden Flächen gelagerten Medien, den Ort von vier Punkten finden kann, die als der vordere und der hintere Brennpunkt, und als der vordere und der hintere Hauptpunkt bezeichnet werden. Wenn man diese vier Punkte berechnet hat, so kann man durch eine einfache Construction den Weg eines jeden Strahles nach seiner letzten Brechung finden, wenn man den Weg dieses Strahles vor seiner ersten Brechung kennt. Diese Rechnung, die also im wesentlichen die Lösung unseres Problems gibt, ist später von Helmholtz und dann noch von Victor v. Lang modificirt und vereinfacht worden. Nehmen wir an, wir hätten ein beliebiges dioptrisches System von n sphärischen Flächen, welche alle

Fig. 32.



um die Axe OX centrirt sind, und wir hätten die vier Punkte gefunden. Der hintere Brennpunkt ist derjenige Punkt, in welchem sich alle Strahlen vereinigen, die mit der Axe OX parallel von links nach rechts einfallen; wir bezeichnen ihn mit $F_{,}$. Ich lege mir nun durch denselben eine Ebene senkrecht auf die Axe und nenne sie die hintere Brennpunktsebene. Nun kann ich mir aber auch denken, dass von der andern Seite des dioptrischen Systemes, von rechts nach links Strahlen parallel mit der Axe einfielen, dann werden sich diese in einem andern Punkte vereinigen, in dem vorderen Brennpunkte, den ich mit F bezeichne. Durch ihn lege ich mir eine Ebene senkrecht auf die Axe und nenne diese Ebene die vordere Brennpunktsebene. Dann denke ich mir, ich hätte aus den Gleichungen die beiden Punkte gefunden, die Gauss mit dem Namen des vorderen und hinteren Hauptpunktes bezeichnet. Den vorderen Hauptpunkt bezeichne ich mit E und lege durch denselben eine Ebene senkrecht auf die Axe, die vordere Hauptpunktsebene, den hinteren bezeichne ich mit $E_{,}$ und lege durch denselben eine Ebene senkrecht auf die Axe, die hintere Hauptpunktsebene.

Wenn mir jetzt irgend ein einfallender Strahl z. B. der Strahl $a\,b$ gegeben ist, und es soll sein Weg nach der letzten Brechung gefunden werden, so ziehe ich eine Parallele Fm mit diesem Strahle vom vorderen Brennpunkte aus bis zur vorderen Hauptpunktsebene, dann ziehe ich eine Parallele zur Axe von dem so gewonnenen Durchschnittspunkte m aus, bis ich zur hinteren Brennpunktsebene gelange. Damit habe ich einen der Punkte ermittelt, die ich brauche, ich habe den Punkt e gefunden, in welchem der Strahl nach seiner letzten Brechung die hintere Brennpunktsebene schneiden wird. Um den Weg des Strahles nach seiner letzten Brechung zu finden, ziehe ich von dem Durchschnittspunkte p, den er mit der vorderen Hauptpunktsebene hat, eine Parallele mit der Axe zur hinteren Hauptpunktsebene, bezeichne den hier erhaltenen Durchschnittspunkt mit q und verbinde ihn mit dem früher gefundenen Durchschnittspunkte e durch eine gerade Linie: dann habe ich in ihr den Weg, welchen der Strahl nach seiner letzten Brechung nimmt.

Ein jedes solches dioptrisches System hat nun aber noch zwei Punkte, welche eben so weit von einander entfernt sind, wie die beiden Hauptpunkte, und dabei eben so weit vom hinteren Brennpunkte entfernt sind, wie die beiden Hauptpunkte vom vorderen Brennpunkte. Diese beiden Punkte bezeichnen wir mit K und $K_{\prime}$ und nennen sie den vorderen und den hinteren Knotenpunkt. Wir legen durch jeden eine Ebene senkrecht auf die Axe, die vordere und die hintere Knotenpunktsebene. Diese beiden Punkte haben eine merkwürdige Eigenschaft, nämlich die, dass ein Strahl, der auf den ersten Knotenpunkt zielt, durch alle Brechungen, die er nach einander erleidet, schliesslich seine Richtung nicht geändert hat, sondern seiner ursprünglichen Richtung parallel ist, aber um ein Stück längs der Axe verschoben ist, und dieses Stück ist nichts anderes als die Entfernung der beiden Knotenpunkte von einander. Ich nehme also einen Strahl, der auf den vorderen Knotenpunkt zielt, ich will beispielsweise denjenigen nehmen, welcher dem früher betrachteten einfallenden Strahle $a\,b$ parallel ist, $h\,K$; so finde ich den Weg desselben nach der letzten Brechung, wenn ich vom hinteren Knotenpunkte $K_{\prime}$ aus eine Parallele mit ihm ziehe. Da $E\,F = K_{\prime}\,F_{\prime}$ ist, so muss dieser Strahl in unserem Beispiele auch in e ankommen, wie wir dies auch gefunden haben würden, wenn wir seinen Weg nach der letzten Brechung mittelst der Hauptpunkte aufgesucht hätten. Alle Strahlen, welche unter sich parallel einfallen, müssen irgendwo in der hinteren Brennpunktsebene mit einander zur Vereinigung kommen, ebenso wie alle Strahlen, die der Axe parallel einfallen, sich im hinteren Brennpunkte vereinigen. Wenn wir also im menschlichen Auge die Hauptpunkte oder die Knotenpunkte, ferner den vorderen und den hinteren Brennpunkt bestimmt hätten, so würden wir daraus eine Construction ableiten können, vermöge welcher wir mit Leichtigkeit, wenn wir irgend ein Object haben, das Netzhautbild dieses Objectes construiren können. Nun haben wir aber da noch bedeutende Schwierigkeiten. Den Krümmungshalbmesser im Scheitel der Hornhaut können wir messen und ihr eine sphärische Oberfläche substituiren. Ebenso am vorderen und hinteren Linsenpol. In der Tiefe der Linse aber kommen immer neue Curven, so dass wir den Krümmungshalbmesser der Scheitel nicht mehr mit Genauigkeit messen können. Wir können auch die mittlere Dichtigkeit der Linse bestimmen, aber wir

kennen nicht das Gesetz, nach dem von Schicht zu Schicht die Dichtigkeit zunimmt. Zudem ist die Anzahl der Schichten so gross, dass wenn alle diese Schichten als einzelne Flächen in Berechnung gezogen werden sollten, man eine im höchsten Grade complicirte Rechnung erhalten würde.

Um diese Schwierigkeiten zu überwinden hat Listing dem wirklichen Auge ein schematisches substituirt, an dem man die Rechnung ausführt. Dies schematische Auge erhält er folgendermassen. Er nimmt vorn eine sphärische Oberfläche an, welche den Krümmungshalbmesser mit dem Corneascheitel gemein hat. Da die Hornhaut nahezu wie ein in eine concave Form gedrücktes Planglas wirkt, so vernachlässigt er ihre Substanz ganz und nimmt an, dass hinter dieser brechenden Fläche ein Medium von dem Brechungsindex des Humor aqueus gelagert sei. In dem Abstande des vorderen Poles der Linse vom Corneascheitel nimmt er eine zweite, sphärische, brechende Fläche an, deren Krümmungshalbmesser dem des vorderen Poles der Linse entspricht, und am Orte der hinteren Linsenoberfläche nimmt er eine sphärische Fläche an, deren Krümmungshalbmesser dem des hinteren Poles der Linse entspricht. Darauf folgt ein Medium von der Dichtigkeit des Glaskörpers. Das Normalauge ist im Zustande der Ruhe für die unendliche Ferne eingestellt; Listing muss also seine hintere Brennpunktsebene in der Ebene der Retina annehmen. Er muss aber schliesslich durch seine Rechnung herausbringen, dass die Strahlen, welche parallel unter sich einfallen, sich in dieser hinteren Brennpunktsebene vereinigen. Das kann er nur, indem er, wenn er dem Glaskörper seinen wirklichen Brechungsindex zuschreibt, der Linse einen höheren Brechungsindex gibt, als selbst ihr Kern hat. Auf Grundlage dieser Voraussetzungen fand Listing den vorderen Brennpunkt etwa einen halben Augendurchmesser vor dem Corneascheitel. Er fand die Hauptpunkte wenige Zehntheile eines Millimeters von einander entfernt im Humor aqueus. Er fand endlich die Knotenpunkte gleichfalls nur wenige Zehntheile eines Millimeters von einander entfernt in der Linse und zwar nahe dem hinteren Pole derselben. Wir haben uns diese Punkte auf eine Linie aufgetragen, von der wir uns denken, dass die optischen Medien des Auges um diese Linie als Axe centrirt seien, und die wir deshalb die Augenaxe nennen. Wir werden später sehen, dass im strengen Sinne des Wortes diese Linie nicht existirt, weil das menschliche Auge thatsächlich nicht richtig centrirt ist. Diese Linie nun, die nur näherungsweise Richtigkeit beansprucht, fällt auch nicht genau zusammen mit der Gesichtslinie, das heisst mit der geraden Linie, welche den fixirten Punkt mit dem Centrum der Fovea centralis retinae verbindet. Die Gesichtslinie weicht nämlich gegen die Nasenseite hin um einen bei manchen Augen grösseren, bei andern geringeren Winkel von dieser Axe ab.

Es handelt sich also nun darum, ob diese so auf der Augenaxe gefundenen Punkte der Wirklichkeit entsprechen, ob man sie benützen kann, um Netzhautbilder zu construiren. Ueber die hintere Brennpunktsebene ist kein Zweifel, da, wo es sich eben um das Normalauge handelt. Theoretische Betrachtungen lehren ausserdem, dass die Veränderungen, welche Listing an seinem schematischen Auge vorgenommen, kaum einen wesentlichen Einfluss auf die Lage des vorderen Brennpunktes ausüben. Es ist ferner auch nach dem ganzen Baue des Auges und nach

den B[illegible]lices, die darin vorkommen, zu erwarten, dass in der That [illegible] Knotenpunkte und die beiden Hauptpunkte, jeder nur um ei[illegible] von einander entfernt sein werden. Aber was sicher-gestell[illegible]nuss, das ist die Lage der Knotenpunkte, weil diese uns in[illegible]nhaltspunkte dienen bei der Construction der Netzhaut-bilder.[illegible]elt sich darum, liegen die Knotenpunkte wirklich nahe dem h[illegible]le der Linse? Dies ist nun durch einen Versuch von Volkm[illegible]r gestellt worden. Wenn man bei jugendlichen, schwach-pigmen[illegible]lividuen das Auge stärker nach aussen wenden lässt, und b[illegible]n in einem dunklen Zimmer eine Kerzenflamme nach der Sc[illegible] hin, so rückt, wenn man diese von der Gesichtslinie immer [illegible]tfernt, das Netzhautbild natürlich entsprechend immer weiter[illegible]ärts, und wenn das Auge stark nach aussen gewendet ist, kommt [illegible]hautbild endlich in der Lidspalte zum Vorschein, indem es durch die schwach pigmentirte Chorioidea und durch die Sclerotica hindurch-scheint. Wenn man diesen Versuch macht, so hat man folgende Stücke. Erstens die Gesichtslinie, in der man den Punkt hat, der fixirt wird und ausserdem den Drehpunkt des Auges oder Mittelpunkt des Auges, was man hier als gleichbedeutend ansehen kann. Man hat zweitens den Ort der Kerzenflamme: diesen hat man willkürlich gewählt. Man hat ferner den Ort des Netzhautbildes als Gegenstand directer Beobachtung. Verbindet man Bild und Object mit einander durch eine gerade Linie, so findet man den Punkt, an dem diese Gerade die Gesichtslinie schneidet. Dieser Punkt aber muss zwischen den beiden Knotenpunkten des Auges liegen, er muss also den Ort der Knotenpunkte angeben. Dieser Versuch von Volkmann hat in der That gezeigt, dass Listing den Ort der Knotenpunkte richtig bestimmt hat. Listing hat seine Untersuchungen zuerst in den Göttinger Studien publicirt, dann hat er sie später noch einmal ausführlich und mit den ganzen dazu gehörigen Rechnungen, die jetzt die Grundlage aller dioptrischen Rechnungen sind, die sich auf das menschliche Auge beziehen, in dem Artikel Dioptrik des Auges in Rudolf Wagner's Handwörterbuch der Physiologie niedergelegt.

Wenn wir also die Grösse des Netzhautbildes von einem Objecte bestimmen wollen, so ziehen wir von dessen Endpunkten nach dem vorderen Knotenpunkte gerade Linien, und mit diesen parallel ziehen wir gerade Linien vom hinteren Knotenpunkt zur Netzhaut, dann erhalten wir das Netzhautbild in seiner umgekehrten Lage und in seiner Grösse. Es verhält sich also jeder Durchmesser des Netzhautbildes zu dem ent-sprechenden des Objectes, wie sich verhält die Entfernung des Netzhaut-bildes vom hinteren Knotenpunkte zur Entfernung des Objectes vom vorderen Knotenpunkte. Das ist der Satz, auf dem die ganze malerische Perspective beruht.

Da nun diese beiden Knotenpunkte nur sehr wenig von einander entfernt liegen, so kann man für eine Menge praktischer Fragen ihre Entfernung von einander vernachlässigen und sie als in einen Punkt zusammenfallend ansehen. Diesen Punkt bezeichnet man mit dem Namen des Kreuzungspunktes der Sehstrahlen, weil man ihn als Durchschnitts-punkt erhält, wenn man zwei oder mehrere Punkte des Objectes mit correspondirenden Punkten des Bildes durch gerade Linien verbindet.

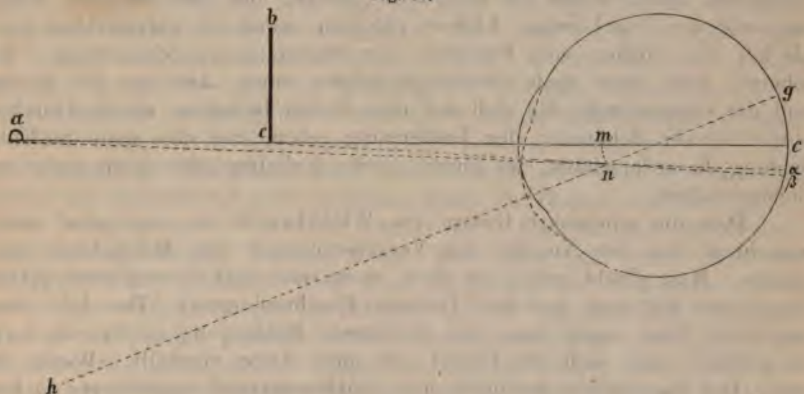
Scheinbare Grösse.

Es fragt sich nun: Was ist die scheinbare Grösse, Magnitudo apparens, der Gesichtsobjecte? Die scheinbare Grösse wächst natürlich mit dem Netzhautbilde. Je grösser das Netzhautbild wird, um so grösser erscheint uns ein Gegenstand. Die Grösse des Netzhautbildes ist aber abhängig von der Entfernung desselben vom hinteren Knotenpunkte und von der Grösse des Winkels, den ich erhalte, wenn ich von gegenüberliegenden Endpunkten des Bildes gerade Linien zum hinteren Knotenpunkte ziehe: dieser Winkel ist aber kein anderer als der Winkel, welchen ich erhalte, wenn ich von den entsprechenden gegenüberliegenden Punkten des Objectes gerade Linien zum vorderen Knotenpunkte hinziehe. Da nun beim Sehen mit unbewaffnetem Auge die Knotenpunkte nur wenig ihren Ort verändern — sie verändern ihren Ort bei der Accommodation, aber in verhältnissmässig engen Grenzen — so ist im Grossen und Ganzen die scheinbare Grösse von diesem Winkel abhängig, welchen man mit dem Namen des Sehwinkels bezeichnet.

Nun ist aber die Grösse des Netzhautbildes nicht das einzige Mittel, wonach wir die Grösse der Gegenstände beurtheilen. Wir begnügen uns damit nur bei kleinen Gegenständen, die wir mit einem Blicke übersehen. Wenn wir es aber mit grösseren Gegenständen zu thun haben, so durchmessen wir sie mit unsern Augen in ähnlicher Weise, wie der Astronom die Grössen am Himmel mit seinem Fernrohre durchmisst und ihre Abstände nach den Lagen bestimmt, die er demselben geben muss um ein Object nach dem anderen einzustellen. Hiebei dreht sich das Auge, indem es aus der Fixation des einen Endes des Gegenstandes in die des andern Endes des Gegenstandes übergeht, um eine Axe, und bei einer anderen Bewegung wieder um eine andere Axe. Alle diese Axen schneiden sich zwar nicht genau aber näherungsweise in einem Punkte, und diesen nennen wir den Drehpunkt. Der Drehpunkt ist also derjenige Punkt im Auge, den man sich bei den verschiedenen Bewegungen desselben als ruhend zu denken hat. Dieser aber fällt weder mit dem vorderen noch mit dem hinteren Knotenpunkte zusammen. Die scheinbare Grösse, der Winkel, den ich bei diesem Durchmessen erhalte, stimmt somit nicht genau mit dem überein, was ich früher als Gesichtswinkel bezeichnet habe. So lange die Objecte sehr klein sind, so lange ich es nur mit Punkten zu thun habe, die dem Fixationspunkte ganz nahe liegen, so lange wird diese Differenz nicht merklich; je mehr ich aber grössere Augenbewegungen mache, um so mehr wird dieser Unterschied merklich, und das ist mit ein wesentlicher Grund für die mangelhafte Orientirung, welche wir im indirecten Sehen haben. Wir finden uns im indirecten Sehen nicht so zurecht, wie im directen Sehen, wo unsere Ortsbestimmungen, welche wir auf beide Arten, aus den Dimensionen unseres Netzhautbildes und aus den Augenbewegungen, erschliessen, noch gut mit einander übereinstimmen. Dass der Drehpunkt des Auges wirklich hinter den Knotenpunkten liegt, davon kann man sich durch einen einfachen Versuch überzeugen. Denken Sie sich, ich hätte ein Object (Fig. 33 *a*) und ich verdecke es, während ich es fixire, vollständig durch einen vorgeschobenen Schirm *b c* und wende jetzt mein Auge so, dass die Gesichtslinie von dem Rande des Schirmes, also auch

vom Objecte abgewendet wird, die Lage von *h g* annimmt; so kommt das Object hinter dem Rande des Schirmes wieder zum Vorschein. Wie geht das zu? Das rührt daher, dass ich mit der Gesichtslinie auch die Knotenpunkte bewegt habe, und dass sie einen Kreisbogen *m n* beschrieben haben. Das Object *a* wird jetzt im indirecten Sehen gesehen, und wenn ich sein Netzhautbild finden will, so muss ich eine gerade Linie durch den sogenannten Kreuzungspunkt der Sehstrahlen *n* ziehen, dann finde ich das Bild in α. Will ich das Bild des Schirmrandes *c* finden, so muss ich von diesem wieder eine gerade Linie durch *n* ziehen und finde dasselbe in β. Da nun α dem Centrum retinae *c* näher liegt als β, so kann *a* nicht mehr von *b c* verdeckt werden.

Fig. 33.



Auf alle Fälle aber ist die scheinbare Grösse, mag ich sie bestimmen aus dem Netzhautbilde oder aus den Augenbewegungen, ein Winkelwerth, und sie kann nicht im Linearmasse ausgedrückt werden und auch nicht durch Vergleichung mit andern Dingen, die mit Linearmass gemessen werden.

Es ist gar nicht selten, dass man Laien miteinander streiten hört, wie gross man den Mond sehe. Der eine sagt, er sehe den Mond so gross wie einen Fassboden, der andere sagt, er sehe ihn so gross wie einen Teller, der dritte sagt, er sehe ihn so gross wie einen Silbersechser. Die Drei können sich natürlich nicht miteinander einigen, aber sie haben alle drei Recht. Denn es handelt sich nur darum, wie weit ich mir den Fassboden, den Teller oder den Silbersechser vom Auge entfernt vorstelle, um einen Winkelwerth herauszubringen, welcher gleich ist demjenigen der scheinbaren Grösse des Mondes.

Ich muss hiebei bemerken, dass die Entfernung, in welcher wir derartig entfernte Körper, wie den Mond, sehen, bei weitem unterschätzt wird, und dass wir meist geneigt sind, das Bild des Mondes mit dem von verhältnissmässig grossen terrestrischen Dingen zu vergleichen, die wir uns unbewusst mehr oder weniger entfernt vom Auge vorstellen. Helmholtz bemerkt, dass auf dem blinden Flecke der Netzhaut, also auf der Eintrittsstelle des Sehnerven, elf Vollmonde nebeneinander Platz haben.

Eine nur theilweise erklärte Thatsache ist es, dass der Mond am Horizont uns immer grösser erscheint, als wenn er höher am Himmel steht. Natürlich kann dies nur daher rühren, dass wir die Entfernung des Mondes grösser schätzen, wenn er sich am Horizont befindet, als wenn er hoch am Himmel steht. Es fragt sich aber, wie das zu erklären sei. Man sagt, dass es davon herrühre, dass in dem unteren Theile der Atmosphäre mehr Dünste seien, und es einem vermöge der stärkeren Wirkung der Luftperspective vorkomme, als ob der Mond entfernter sei. Es reicht aber diese Erklärung nicht ganz aus, denn bei terrestrischen Gegenständen unterliegt man ähnlichen Täuschungen. In meiner Heimath befand sich eine sehr hohe Stange, auf welche alljährlich ein Holzvogel gesteckt wurde, um darnach zu schiessen. Wenn dies geschehen sollte, wurde sie horizontal gelegt, und ich erinnere mich, dass mir der Vogel immer kleiner erschien, wenn sie aufgerichtet war, als ich ihn vorher vom Fussende der Stange aus gesehen hatte. Es scheint, dass man auch mitberücksichtigen muss, dass uns der Boden und die Gegenstände, die sich auf dem Boden befinden, einen Anhaltspunkt für die Schätzung der Entfernung geben, und dass man die Entfernung da unterschätzt, wo einem solche Anhaltspunkte nicht mehr zu Gebote stehen.

Dass die scheinbare Grösse ein Winkelwerth ist, das wird auch manchmal bei der Angabe der Vergrösserungen des Mikroskops vergessen. Man glaubt genug zu thun, wenn man sagt dieses Linsensystem vergrössert mit dem und dem Oculare fünfhundertmal. Das hat aber nur einen Sinn, wenn man eine bestimmte Entfernung zu Grunde legt, in welcher man sich das Object vor dem Auge vorstellt. Wenn ich sage: Der Gegenstånd erscheint mir fünfhundertmal vergrössert; so hat das an und für sich keinen Sinn. Wenn ich aber sage, der Gegenstand erscheint mir unter dem Mikroskope fünfhundertmal so gross, als mir derselbe Gegenstand erscheinen würde, wenn er sich vor dem freien Auge und acht Pariser Zoll vom Corneascheitel entfernt befinden würde, so hat dies allerdings einen Sinn.

Hiemit hängt es zusammen, dass auch bei Zeichnungen bisweilen die Vergrösserung, in welcher die Zeichnung den Gegenstand darstellt, ganz incorrect angegeben wird. Der Mikroskopiker zeichnet seinen Gegenstand aus dem Mikroskop, „so wie er ihn sieht", wie er sich wohl ausdrückt. Dann nimmt er die Tabelle, die ihm der Optiker über die Vergrösserung mitgegeben hat, und sieht, bei welcher Vergrösserung er gezeichnet. Diese schreibt er als Vergrösserung seines Bildes dazu. Dabei findet man nun manchmal die gröbsten Incongruenzen, wenn man die Vergrösserung wirklich in correcter Weise bestimmt, das heisst, wenn man einen bekannten Gegenstand in der Abbildung z. B. ein Blutkörperchen durchmisst und dieses Maass mit der reellen Grösse des Blutkörperchens vergleicht. Man soll deshalb die Vergrösserung von Zeichnungen, wenn man sie überhaupt angibt, immer so angeben, dass man das Object mikrometrisch unter dem Mikroskope durchmisst, und dann die Zeichnung misst. Die zuletzt gefundene Grösse dividirt man durch die zuerst gefundene: der Quotient ist dann die Zahl, mit welcher man die Vergrösserung bezeichnen muss.

Wenn man für gewöhnlich nach dem Augenmaasse die Durchmesser von Dingen angibt, so gibt man sie nicht in scheinbarer, sondern in wirklicher Grösse an, man gibt sie in linearem Maasse an. Man fällt ein Urtheil über die wirkliche Grösse, indem man einen unbewussten Schluss zieht aus der scheinbaren Grösse und aus der Entfernung, welche man dem Gegenstande zuschreibt. Dieser Schluss ist, wie gesagt, unbewusst: derjenige, der schätzt, gibt sich keine Rechenschaft über die Entfernung des Gegenstandes und noch weniger über die scheinbare Grösse desselben. Wenn man einen Förster fragt: Wie dick ist der Baum, der da steht? so sagt er mit ziemlicher Genauigkeit: Er hat so und so viel im Durchmesser. Fragt man aber den erfahrensten Förster, wie gross der Sehwinkel sei, unter dem er diesen Baumstamm sieht, so wird er nicht im Stande sein, darüber auch nur die geringste Auskunft zu geben. Hiemit hängt es zusammen, dass auch die wirkliche Grösse der Dinge überschätzt oder unterschätzt wird, je nachdem man die Entfernung, in welcher sich die Gegenstände befinden, überschätzt oder unterschätzt. Nordländer, die in den Alpen reisen, unterschätzen anfangs alle Entfernungen. Es hängt das mit der grösseren Durchsichtigkeit der Luft zusammen. Man kann nicht selten bemerken, dass sie mit der Grösse der Entfernung auch im hohen Grade die Dimensionen der Gegenstände unterschätzen. Ich habe einmal an einem unserer Gebirgsseen zwei Reisende darüber streiten hören, was denn der rothe Fleck am andern Ufer des Sees sei. Der Eine meinte es sei ein rothes Tuch. Der Andere meinte, es sei ein Zeichen von roth angestrichenen Brettern, das sich die Fischer gemacht hätten. In Wahrheit aber war dieser rothe Fleck nichts anderes als ein Lager von rothem Gestein mit einem quadratischen zu Tage liegenden Querschnitte, der vielleicht das Zwanzigfache von dem Areale hatte, welches ihm der Reisende zuschrieb, indem er es mit einem rothen Tuche verglich.

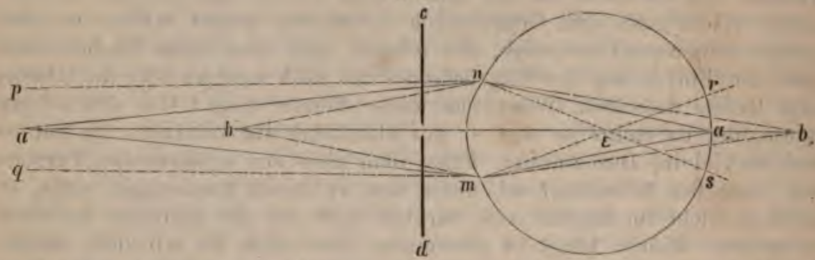
Sehweite und Accommodation.

Wir haben jetzt das Auge immer so betrachtet, als ob es für die unendliche Ferne eingestellt wäre, denn wir haben die hintere Brennpunktsebene in die Netzhaut selbst verlegt. Da wir nun aber nähere Gegenstände willkürlich deutlich sehen und dann wieder deutlich fernere Gegenstände, so ist es klar, dass wir unser Auge für verschiedene Entfernungen einstellen können. Es fragt sich nun zunächst, ist das Auge im Zustande der Ruhe für den fernsten Punkt eingestellt, für welchen es sich überhaupt einstellen kann, oder für einen nähern?

Was geschieht, wenn ein Gegenstand dem Auge so nahe gerückt wird, dass die Strahlen nicht mehr auf der Netzhaut, sondern hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen, wie z. B. die Strahlen, welche in Fig. 34 von *b* ausgehen und sich in b_1 vereinigen, wenn die Strahlen, die von *a* ausgehen sich in a_1 auf der Netzhaut vereinigen? Hier geht die Netzhaut durch einen Lichtkegel und der Durchschnitt dieses Lichtkegels wird auf der Netzhaut als eine Scheibe erscheinen. Diese bezeichnen wir mit dem Namen des Zerstreuungskreises. Wenn wir eine Menge von Punkten haben, so werden die Zerstreuungskreise theilweise einander decken und dadurch das Sehen undeutlich machen. Legen

wir vor das Auge einen Schirm *c d*, in dem sich eine kleine Oeffnung befindet, so kann von dem ganzen Strahlenkegel, der von *b* ausgeht, nur ein sehr dünnes Strahlenbündel hindurchtreten, und dieses wird auch

Fig. 34.



nur einen sehr kleinen Zerstreuungskreis geben können. Wir werden daher Gegenstände, die unserem Auge zu nahe sind, als dass wir sie deutlich sehen könnten, wenn sie anders gut beleuchtet sind, noch deutlich sehen, dadurch dass wir sie durch eine kleine Oeffnung betrachten.

Dasselbe ist der Fall, wenn der Gegenstand zu fern für das Auge liegt. Wenn z. B. ein Kurzsichtiger auf die Gegenstände der Landschaft sieht, so vereinigen sich die Strahlen vor der Netzhaut, wie die Strahlen *p n* und *q m* in Fig. 34 sich in ε vereinigen: sie divergiren hierauf, man erhält auf der Netzhaut einen Durchschnitt (*r s*) des divergirenden Lichtkegels, also wieder einen Zerstreuungskreis. Auch diesen kann man durch eine sehr kleine Oeffnung auf ein Minimum reduciren. Ich kann deshalb einem Kurzsichtigen die Landschaft auch ohne Brille, wenn sie nur gut beleuchtet ist, deutlich zeigen, dadurch, dass ich durch eine Visitenkarte mit einer Nadel ein Loch steche und ihn dieses vor das Auge bringen lasse.

Denken Sie sich, ich hätte statt der einen Oeffnung, welche sich im Schirme befindet, zwei solche, die so nahe bei einander liegen, dass die Strahlenbündel, welche durch beide hindurchgehen, gleichzeitig durch die Pupille ins Auge gelangen können. Ich hätte nun einen Gegenstand, der so weit vom Auge entfernt ist, dass alle Strahlen, welche von ihm ins Auge gelangen, auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen. Dann werden auch die beiden Strahlenbündel, welche durch die beiden Löcher hindurchgehen, auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen, ich werde also von diesem Gegenstande e i n Bild haben. Denkt man sich aber, die Ebene der Netzhaut läge vor dem Vereinigungspunkte der Strahlen, so würde ich den Gegenstand nicht einfach sondern doppelt sehen, denn ich würde zwei Bilder von jedem seiner Punkte haben, wovon das eine dem einen, das andere dem anderen Loche angehörte. Das würde also geschehen, wenn ich einen Gegenstand in einer Entfernung diesseits des deutlichen Sehens hätte. Ich denke mir nun, ich hätte einen Gegenstand in einer Entfernung jenseits des deutlichen Sehens. Es sei das beobachtende Auge ein kurzsichtiges, und ich hätte einen Gegenstand in eine grössere Entfernung gebracht, so dass die Netzhaut hinter dem Kreuzungspunkte der Strahlen liegt. Dann werden diese beiden Strahlenbündel sich vor der Netzhaut schneiden, und wenn sie dieselbe treffen,

schon divergiren. Ich werde also von dem einen Gegenstande wiederum zwei Bilder haben. Dieser Versuch ist unter dem Namen des Scheiner'schen Versuches bekannt. Er bietet uns ein Hülfsmittel dar, um zu finden, für welche Entfernung ein Auge eingestellt ist. Ich stelle einen solchen Schirm mit zwei Oeffnungen auf und sehe durch dieselben nach einem kleinen gut beleuchteten Gegenstande und nähere und entferne ihn so lange, bis die beiden Bilder vollständig in eines zusammenfallen. Auf diesen Scheiner'schen Versuch begründete schon Young ein Optometer, ein Instrument, um praktisch die Sehweite jedes Auges zu bestimmen. Derartige Optometer werden heutzutage wenig mehr gebraucht, weil wenigstens die Augenärzte bessere Hülfsmittel haben, um sich von der Sehweite eines Individuums zu überzeugen. In Wien ist das Young'sche Optometer bei den Optikern da, wo es sich noch findet, in einer Form in Gebrauch, die ihm Stampfer gegeben hat. Es sind an demselben statt der beiden Löcher zwei parallele Spalten vorhanden, und durch diese wird nach einem dritten gleichgerichteten Spalt gesehen, der vor einem matten Glase aufgestellt ist, damit man ihn leichter gleichmässig beleuchten kann, und damit er weniger Veranlassung zu Beugungserscheinungen gibt. Dieser Spalt kann mittels eines Getriebes entfernt und genähert werden, indem er in einer Röhre angebracht ist, die sich in einer anderen verschiebt, welche an ihrem vorderen Ende die beiden erstgenannten Spalten trägt. Damit man nun aber schon innerhalb einer endlichen Entfernung den Fernpunkt jedes Auges erhält, das heisst den fernsten Punkt, für den es sich einstellen kann, so ist hinter der Doppelspalte eine Sammellinse angebracht, durch welche jedes Auge, das hindurchsieht, in Rücksicht auf den dritten Spalt in ein kurzsichtiges verwandelt wird. Auf der inneren Röhre selbst ist bei den Theilstrichen die Brennweite der Brillengläser angegeben, welche man dem zu geben hat, der für den bezüglichen Theilstrich einstellt.

Den Scheiner'schen Versuch nun hat Volkmann benützt, um nachzuweisen, dass das menschliche Auge im Zustande der Ruhe für seinen Fernpunkt eingestellt ist. Er stellte ihn so an, dass er durch zwei Oeffnungen auf einen weissen Faden sah, welchen er über einem dunkeln Grunde so aufgespannt hatte, dass sich derselbe perspectivisch sehr stark verkürzte. Von diesem Faden musste er einen Theil einfach sehen, den Theil, der in der Entfernung seines deutlichen Sehens lag. Die näheren und entfernteren Partien aber musste er doppelt sehen. Er musste also den Faden als zwei helle Linien sehen, die sich unter einem spitzen Winkel kreuzen. Er fand nun, dass, wenn er das Auge vorher geschlossen hatte und, dasselbe öffnend, durch beide Löcher auf den Faden blickte, er immer die Kreuzungsstelle in einer solchen Entfernung sah, dass er dieselbe nicht willkürlich weiter hinausschieben konnte, wohl aber durch willkürliche Accommodation, durch willkürliches Einstellen seines Auges, weiter heranziehen.

Die Einstellung des Auges für die Nähe muss darin bestehen, dass wir das Auge in der Weise verändern, dass Strahlen, welche im ruhenden Auge erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung gekommen wären, auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen. Es fragt sich: Auf welche Weise kann dies bewerkstelligt werden? Dies könnte erstens dadurch bewerkstelligt werden, dass der Krümmungshalbmesser des Cornea-

scheitels kleiner wird. Dann müssten gleich nach der ersten Brechung die Strahlen stärker convergiren, sie würden sich also früher vereinigen. Zweitens kann es dadurch geschehen, dass der Krümmungshalbmesser am vorderen oder am hinteren Pole der Linse oder an beiden kleiner wird: denn, da die Linse dichter ist als der Humor aqueus und der Humor vitreus, so würde dies auch eine Verkürzung der Brennweite des Systems nach sich ziehen. Es könnte weiter auch dadurch geschehen, dass die Linse nach vorne rückt, und endlich dadurch, dass die Retina nach hinten ausweicht, und somit in eine Ebene hineingelangt, in welcher sich Strahlen vereinigen, die sich hinter ihr vereinigten, als sie sich in ihrer gewöhnlichen Ruhelage befand.

Wenn man nun diese verschiedenen Hülfsmittel für die Accommodation einzeln durchnimmt, so lehrt zunächst die Erfahrung, dass die Hornhaut ihren Krümmungshalbmesser beim Sehen in die Nähe und in die Ferne durchaus nicht verändert. Das Spiegelbild, welches ein Fenster oder eine Flamme auf der vorderen Fläche der Cornea gibt, ist überaus deutlich: man kann es mit Leichtigkeit mit einem Fernrohre beobachten. Zwei solche Flammenbilder müssten sich einander nähern, wenn der Krümmungshalbmesser der Cornea kleiner würde. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Alle Versuche stimmen darin überein, dass die Lage und die Grösse der Flammenbilder unverändert bleibt und mithin die Cornea ihren Krümmungshalbmesser nicht ändert.

Anders verhält es sich mit der Linse. Die Linse gibt zweierlei Spiegelbilder, solche von der vorderen Fläche und solche von der hinteren Fläche. Diese Bilder sind fast gleichzeitig und unabhängig von einander von Kramer und von Helmholtz untersucht worden, und beide haben gefunden, dass zwei Bilder, welche der vorderen Linsenfläche angehören sich beim Sehen in die Nähe einander nähern, beziehungsweise, wenn nur ein Bild beobachtet wird, dass sich dieses eine Bild verkleinert. Die vordere Linsenoberfläche wird also convexer, und die Beobachtung der Bilder von der hinteren Oberfläche zeigt, dass auch diese convexer wird.

Es fragt sich dabei, ob die Linse auch ihren Ort verändert. Um dies zu untersuchen, hat Helmholtz ein eigenes Instrument construirt, das Ophthalmometer, mit welchem er die Entfernung des Scheitels der Cornea vom vorderen und hinteren Pole der Linse bestimmen konnte. Bei diesen Untersuchungen fand er, dass der hintere Pol der Linse seinen Ort nicht verändert, dass aber der vordere Pol etwas nach vorne rückt, dass also die Linse dicker wird.

Auf welche Weise kommt diese Formveränderung der Linse zu Stande? Wir sehen, dass die Accommodation gelähmt wird, wenn die Muskeln des inneren Auges gelähmt werden. Wir sehen erstens, dass die Accommodation bei Oculomotoriuslähmungen aufgehoben ist; da sind aber auch die äusseren Augenmuskeln gelähmt. Dann sehen wir aber auch, dass, wenn wir einem Auge Atropin einträufeln, wodurch nur innere Augenmuskeln gelähmt werden, das Auge dauernd für seinen Fernpunkt eingestellt wird. Wir haben also den Tensor chorioideae und die Muskelfasern der Iris, zunächst den Sphincter pupillae, zu berücksichtigen. Wenn der Tensor chorioideae sich zusammenzieht, so verkleinert er eine Oberfläche, die nach vorn durch die Hornhaut, nach

hinten durch die Chorioidea und die in ihr liegende Retina begrenzt ist. Er muss also die Chorioidea mit der in ihr liegenden Retina um den Glaskörper anspannen, beziehungsweise den Theil der Chorioidea, an den er sich zunächst inserirt, nach vorn ziehen. Die Folge davon ist, da dieser Theil an der Zonula Zinnii befestigt ist, dass auch die Zonula mit nach vorn gezogen wird, und somit die Zonula Zinnii und speciell der Theil, der sich an die Linse ansetzt, der von den Ciliarfortsätzen zur Linse geht, erschlafft wird. Dieser Theil aber hat früher einen peripherischen Zug an der Linse ausgeübt, der jetzt nachlässt, so dass die Linse in eine andere Gleichgewichtsfigur übergeht, dass sie nach vorn und hinten convexer und damit auch dicker wird.

Diese Accommodationstheorie ist in neuerer Zeit durch die Versuche, welche Hensen an Hunden und Katzen und auch an einem Affen angestellt hat, zur vollen Evidenz gebracht worden. Erstens hat er durch directe Reizung der Ciliarnerven die Accommodation hervorgebracht. Zweitens hat er sich auch überzeugt, dass die ausgeschnittene Hundelinse derjenigen Gestalt entsprach, welche sie im Auge hat, wenn das Auge für die Nähe accommodirt ist.

Damit, dass die Accommodation durch diese Formveränderung der Linse hervorgebracht wird, hängt es auch zusammen, dass sie im Alter verloren geht. Die jugendliche Linse ist nachgiebig, verändert ihre Form sehr leicht, die alte Linse aber ist widerstandsfähiger, sie behält deshalb, es mag der Zug der Zonula an ihr ausgeübt werden oder nicht, ihre Form bei oder ändert sie doch nur wenig, und das ist der Zustand, den wir mit dem Namen der Presbyopie, des Gesichtsfehlers der Alten, bezeichnen. Presbyopie ist nicht Weit- oder Uebersichtigkeit, nicht der Gegensatz von Kurzsichtigkeit, denn alte Leute können kurzsichtig sein, und doch presbyopisch, indem ihr Auge ebenso stabil für eine geringe Entfernung eingestellt ist, wie das von Greisen, die in ihrer Jugend Normalaugen gehabt haben, für die unendliche oder doch für eine sehr grosse Entfernung eingestellt ist.

Fragen wir uns weiter, ob auch die Muskeln der Iris bei der Accommodation irgend eine Rolle spielen. Die Iris verengert sich, wie wir früher gesehen haben, etwas bei der Accommodation für die Nähe. Wenn der Sphincter und Dilatator pupillae sich gleichzeitig zusammenziehen, so müssen sie die Iris, wenn sie nicht in einer Ebene liegt, wenn sie einen abgestumpften Kegel bildet, in eine Ebene bringen. Man hat deshalb, indem man der Meinung war, dass die Iris nach vorn kegelförmig oder kuppelförmig ausgebaucht sei, geglaubt, dass durch die gleichzeitige Contraction des Sphincter und Dilatator pupillae ein Druck auf die Linse ausgeübt werde. Dadurch bilde sich an der vorderen Oberfläche der Linse und in der Pupille eine kleine Kuppe. In der That findet man in den Augen von Leichen nicht selten Linsen, an denen eine solche Kuppe zu sehen ist, so dass man glauben könnte, die Linse habe in der That hier oftmals einen Druck auf einer ringförmigen Zone erlitten. Der verstorbene Professor v. Vivenot hat, als er als junger Mann hier im Institute arbeitete, viele Linsen in Gyps abgegossen, und an diesen Gypsabgüssen war auf Querschnitten nicht selten diese kuppenartige Hervorragung an der vorderen Fläche zu sehen. Andererseits muss man sich aber sagen, dass keineswegs immer die Iris nach vorne

vorgebaucht ist, sondern dass sie nur kegelförmig vorgeschoben ist in gewissen Augen und bei bedeutender Verengerung der Pupille, indem dann ihr Rand auf der convexen vorderen Fläche der Linse nach vorn schleift. Zweitens muss man sich sagen, dass bei der Schwäche der Muskeln der Iris und bei dem geringen Werthe der Componente, welche bei der gleichzeitigen Zusammenziehung des Sphincter und des Dilatator pupillae für unseren Druck zur Wirkung kommt, derselbe jedenfalls ein sehr geringer sein muss, so dass man ihm kaum einen irgendwie in Betracht kommenden Einfluss auf die Gestalt der Linse zuschreiben kann.

Helmholtz hat durch Rechnung gezeigt, dass die Gestaltveränderung, die die Linse bei der Accommodation erleidet, hinreicht, um diejenige Accommodation hervorzubringen, welche sich bei dem betreffenden Individuum thatsächlich vorfindet. Es muss aber dennoch die Frage erörtert werden, ob es ausser der Gestalt und Lageveränderung der Linse, noch andere Accommodationsmittel gebe. Die Hornhaut haben wir schon besprochen und haben gesehen, dass wir mit dieser nicht accommodiren. Es bleibt nur noch die Netzhaut übrig. Es fragt sich ob die Netzhaut bei der Accommodation zurückrückt. Hierüber sind die Ansichten verschieden. Alle stimmen darin überein, dass Augen, aus denen die Linse beseitigt worden ist, wie dies bei der Staaroperation geschieht, nicht etwa blos in einer Ebene deutlich sehen, sondern dass sie auch annäherungsweise ebenso deutlich in einer etwas geringeren oder grösseren Entfernung sehen. Die Art, wie dies erklärt wird, ist eine verschiedene. Die einen führen es darauf zurück, dass an und für sich schon nicht alle Strahlen, welche von einem leuchtenden Punkte ausgehen, bei vollkommener Einstellung des Auges wieder in einen Punkt der Netzhaut versammelt werden. Wenn man zugleich in Betracht zieht, dass vermöge der im Auge angebrachten Blendung der Pupille, die Lichtkegel, die auf die Netzhaut stossen, verhältnissmässig kleine Winkel haben, so erhellt, dass nach der einen und der anderen Seite hin der Durchmesser der Zerstreuungskreise anfangs sehr langsam wächst. Die Individuen mögen es deshalb nicht bemerken, ob ein Gegenstand etwas diesseits oder jenseits der Ebene liegt, für welche ihr Auge eingestellt ist. Sie mögen auch etwas diesseits und etwas jenseits dieser Ebene die Gegenstände mit annähernd gleicher Deutlichkeit sehen. Andere dagegen sind der Meinung, dass solche linsenlose Augen wirklich noch eingestellt werden, und zwar dadurch, dass die Retina beim Sehen in die Nähe, wenn auch nur um ein Geringes zurückweicht. Wie kann das geschehen? Das kann man sich theoretisch etwa folgendermassen zurechtlegen. Wir haben gesehen, dass sich die Sclerotica in ihrer Gestalt bald mehr einem Ellipsoid annähert, das durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist, bald mehr einem Ellipsoid, das durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden ist. Im ersten Falle nun kann man sich allerdings denken, wie es zugehen kann, dass die Retina beim Sehen in die Nähe zurückweicht. Denken Sie sich, der Tensor chorioideae spannt sich an, so sucht er dabei eine geschlossene Oberfläche zu verkleinern, die einerseits durch die Cornea gebildet wird und andererseits durch die Chorioidea und die in ihr liegende Retina. Diejenige Gestalt, welche bei gleichem Inhalte die kleinste Oberfläche hat, ist die Kugel. An der Cornea kann dieser

Zug nichts ändern und ändert factisch nichts, das weiss man aus directer Beobachtung. Es wäre aber möglich, dass das Ellipsoid der Sclerotica sich mehr der Kugelform annähert, und dass dadurch die Retina etwas nach hinten zurückweicht. Die Wirkung des Tensor chorioideae könnte noch durch die Wirkung der Augenmuskeln unterstützt werden: denn die geraden Augenmuskeln ziehen, am vorderen Theile der Sclera angeheftet, diesen nach hinten. Die schiefen Augenmuskeln drehen das Auge. Da sie aber am hinteren Theile der Sclera angeheftet sind, und die Insertion des Obliquus inferior und die Trochlea weiter nach vorn liegen, so ziehen sie, wenn sie gleichzeitig wirken, und somit ihre drehenden Componenten einander compensiren, die hintere Hälfte der Sclerotica nach vorn. Wirken also die geraden und schiefen Augenmuskeln zusammen, so muss die Folge davon sein, dass die Scleroticalsphäre sich mehr der Kugelform annähert. Allerdings könnte dies nichts helfen bei den hochgradig kurzsichtigen Augen. In den Fällen von hochgradiger, angeborner Kurzsichtigkeit, wo das Auge eine ungewöhnliche Tiefe hat, und die Sclerotica sich der Gestalt eines Ellipsoids annähert, das durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entstanden ist, da müsste das gerade Gegentheil nach derselben Betrachtungsweise stattfinden. Nun weiss man aber andererseits, dass gerade bei diesen Augen sich mit der Zeit der hinterste Theil der Sclerotica kuppelförmig nach hinten ausbaucht, und so der Zustand bedingt wird, welchen man mit dem Namen des Staphyloma posticum bezeichnet. Man weiss weiter, dass durch Accommodationsanstrengungen die Entwickelung dieses sogenannten Staphyloma posticum befördert wird, und das deutet wieder darauf hin, dass möglicher Weise bei der Accommodation in die Nähe die Retina nach hinten auszuweichen sucht. Das sind die Gründe, welche sich für und gegen die Accommodation durch Zurückweichen der Retina anführen lassen. Ich muss hinzufügen, dass Donders nach seiner Erfahrung den Rest von wahrer Accommodation, der so erklärt werden soll, gänzlich leugnet, das heisst, er leugnet, dass das Auge, nachdem die Linse entfernt worden ist, noch willkürlich und wechselnd verschieden entfernte Gegenstände verschieden deutlich sehen könne.

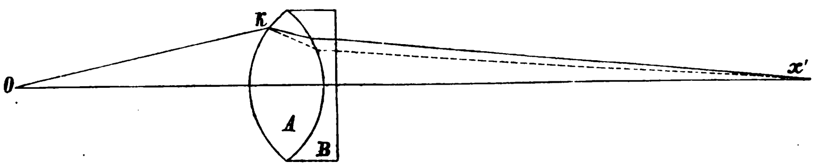
Es fragt sich nun weiter: Gibt es in der That keine Accommodation für die Ferne? Durch den Volkmann'schen Versuch haben sich nicht Alle vollständig befriedigt erklärt. Namentlich Kurzsichtige sagen, dass sie auf kurze Zeit in die Ferne deutlicher sehen können als gewöhnlich, nur müssen sie dabei eine Anstrengung machen, die sie auf die Dauer nicht fortzusetzen vermögen. Wenn man nun beachtet, was die Kurzsichtigen thun, wenn sie in die Ferne sehen wollen, so wird man bemerken, dass sie den Orbicularis palpebrarum zusammenziehen, dabei aber durch den Levator palpebrae superioris die Lidspalte offen erhalten, so dass sie eine verkleinerte Lidspalte haben, und mit dem Orbicularis palpebrarum einen Druck auf die Cornea ausüben. Es scheint, dass sie auf diese Weise durch momentane Abflachung der Cornea, vielleicht auch dadurch, dass sie auf der Oberfläche derselben einen Flüssigkeitsmeniscus zu Stande bringen, ihr Auge für kurze Zeit für eine grössere Entfernung einstellen. Es ist dies aber jedenfalls ein Act, der mit der inneren Accommodation, wie wir sie behufs der Einstellung des Auges für die Nähe kennen gelernt haben, nicht verglichen werden kann.

Mängel des dioptrischen Apparates.

Chromasie.

Bis jetzt haben wir immer angenommen, dass das Auge, wenn es einmal genau eingestellt ist, alle Strahlen, welche von einem deutlich gesehenen Punkte kommen, auch wieder auf einen Punkt der Netzhaut vereinigt. Das erleidet aber bedeutende Einschränkungen. Zunächst werden im Auge, wie überall, die Strahlen von kurzer Wellenlänge stärker gebrochen, als die Strahlen von grösserer Wellenlänge. Letztere werden sich deshalb voraussichtlich später vereinigen. Bei unseren künstlichen, aus Glas gebildeten optischen Instrumenten vermeiden wir diesen Uebelstand dadurch, dass wir eine Sammellinse von Crownglas mit einer Zerstreuungslinse von Flintglas verbinden. Der Brechungsindex von Flintglas ist allerdings höher, als der des Crownglases, aber das Farbenzerstreuungsvermögen des Flintglases ist beinahe doppelt so gross, als das des Crownglases, und dadurch wird es möglich, dass wir zwei solche Linsen zusammensetzen können, die mit einander noch eine Sammellinse bilden, und die doch die rothen und die violetten Strahlen in einer und derselben Entfernung vereinigen. Es geschieht dies dadurch, dass die Zerstreuungslinse von Flintglas, welche eben stark genug ist, die ganze Farbenzerstreuung

Fig. 35.



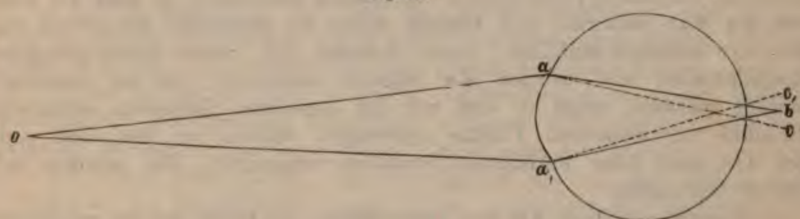
aufzuheben, welche durch die Crownglaslinse bedingt wird, nur einen Theil der gesammten Ablenkung wieder aufhebt, welche die einzelnen Strahlen durch die Crownglaslinse erlitten haben. Es sei Fig. 35 A die Crownglaslinse, B die Flintglaslinse, O der Lichtpunkt und x' der Vereinigungspunkt der von diesen ausgehenden Strahlen, so bezeichnet OK einen einfallenden Strahl gemischten Lichtes. Der weitere Weg desselben nach der ersten Brechung ist für die Strahlen von der grössten Wellenlänge ausgezogen, für die Strahlen von der kleinsten Wellenlänge punktirt dargestellt. Die Möglichkeit dieser achromatischen Combinationen wurde zuerst von Euler dargethan und von Dollond in London wurden die ersten achromatischen Objective ausgeführt.

Es fragt sich nun: Ist das Auge auch nach diesem oder nach irgend einem anderen Principe achromatisirt und zwar in der That in so vollkommener Weise, dass die brechbarsten und die am wenigsten brechbaren Strahlen sich wirklich in einer und derselben Entfernung hinter der Linse vereinigen? Wir wissen durch die Untersuchungen von Frauenhofer, dass letzteres nicht der Fall ist. Wollaston hatte im Sonnenspectrum eine Reihe dunkler Linien aufgefunden, und mit der Untersuchung dieser

Linien beschäftigte sich später Frauenhofer. Vermöge seiner vortrefflichen optischen Instrumente entdeckte er noch eine grosse Anzahl schwächerer Linien, die der Beobachtung von Wollaston entgangen waren. Alle diese Linien im Spectrum werden jetzt nach Frauenhofer mit dem Namen der Frauenhofer'schen Linien bezeichnet. Bei diesen Arbeiten bemerkte er, dass er sein achromatisches Fernrohr verstellen musste, wenn er die Linien im Roth beobachtet hatte und nun zur Beobachtung der Linien im Gelb, Grün, Blau übergehen wollte. Da er wusste, dass sein Fernrohr achromatisch sei, so schloss er daraus, dass sein Auge nicht achromatisch sein könne, und dies zeigte sich auch in der That. Man kann auch mit anderen Hülfsmitteln, z. B. dadurch, dass man Theilungen mit verschiedenfarbigem Lichte beleuchtet, oder die Theilungen auf verschiedenfarbigen Gläsern einritzt, zeigen, dass das Auge jedesmal weitsichtiger ist für die rothen Strahlen und kurzsichtiger ist für die blauen und violetten; weil eben im Auge die kurzwelligen Strahlen stärker gebrochen werden, als die langwelligen. Man kann auch die Farbenzerstreuung für das Auge sichtbar machen, wenn man ein Netzwerk aus weissen Fäden in einer solchen Entfernung ansieht, dass die Fäden vermöge der gebildeten Zerstreuungskreise nicht mehr scharf gesehen werden; dann findet man die Ränder der Fadenbilder farbig.

Warum sieht man für gewöhnlich von dieser Farbenerscheinung nichts? — Die Zerstreuung ist keine so bedeutende, dass die Farben des Spectrums vollständig von einander getrennt würden. Bei dem eben erwähnten Versuche sieht man nur blaue und gelbrothe oder rothgelbe Säume. Nun sei in Fig. 36 *o a* ein weisser, *a b* ein gelber, *a c* ein blauer

Fig. 36.



Strahl, so würden von der andern Seite gleichfalls zwei Strahlen kommen $a_{,} b$ und $a_{,} c_{,}$. Wenn die Netzhaut zwischen dem Vereinigungspunkte für die violetten Strahlen und dem für die rothen Strahlen liegt, so schneidet sie an einer Stelle durch, an der die langwelligen Strahlen, die von der einen Seite kommen, auf die kurzwelligen fallen, die von der andern Seite kommen, und umgekehrt. Nun ist, wie gesagt, die Farbenzerstreuung zu gering, als dass die Farben vollständig von einander getrennt wären, sie beschränkt sich darauf, dass man auf der einen Seite mehr Gelbroth und auf der andern mehr Blau hat. Fallen also die Strahlen von beiden Seiten her übereinander, so compensiren sich die Farben und heben einander auf. Wenn aber die Retina entweder durch den Vereinigungspunkt der violetten Strahlen oder durch den der rothen fällt, dann ist dies nicht der Fall, und deshalb sehen wir die farbigen Säume an Gegenständen, für welche das Auge nicht eingestellt ist.

Ferner, wenn wir mit einem Gegenstande unsere halbe Pupille verdecken, so sehen wir sofort an weissen Gegenständen, die sich auf dunklem Grunde absetzen, farbige Säume, weil wir nun die Compensation aufheben, indem wir die Strahlen, die durch die eine Hälfte des Auges gehen, abblenden.

Polyopia monophthalmica.

Der Mangel an Achromasie ist nicht die einzige Unvollkommenheit des optischen Apparates des Auges. Bekanntlich gibt es an unseren künstlichen Instrumenten noch eine zweite Unvollkommenheit, welche wir mit dem Namen der sphärischen Aberration bezeichnen. Wenn auf eine Linse mit sphärischen Oberflächen von irgend einem Punkte aus Strahlen fallen, so kommen die Strahlen, welche durch den Randtheil einfallen, früher zur Vereinigung als diejenigen, welche durch die Mitte einfallen. Das hängt folgendermassen zusammen. Wenn ich Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, durch eine Brechung unter sich parallel machen will, so brauche ich dazu eine hyperbolische Oberfläche, den Scheitelabschnitt eines Hyperboloids. Will ich diese parallelen Strahlen wieder in einen Punkt vereinigen, so muss ich eine zweite hyperbolische Oberfläche dazu verwenden. Ich vereinige also alle Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, wieder in einen Punkt durch eine biconvexe Linse mit hyperbolischen Oberflächen. Nun sehen Sie leicht ein, dass, wenn wir diesen Scheitelabschnitten von Hyperboloiden Kugeloberflächen substituiren, die in den Scheiteln mit ihnen zusammenfallen und Osculationen der höchsten Ordnung mit ihnen haben, diese Kugeloberflächen um so mehr nach innen zu von den hyperbolischen Oberflächen abweichen, je mehr ich mich von der Axe entferne, und folglich fallen die Strahlen, die weiter von der Axe entfernt einfallen, immer schiefer auf, haben einen grösseren Einfallswinkel und werden also stärker abgelenkt, als sie abgelenkt werden müssten, wenn sie sich mit den gegenüber liegenden correspondirenden in demselben Punkte vereinigen sollten, in dem sich zwei der Axe ganz nahe einfallende Strahlen vereinigen. Sie werden sich früher vereinigen.

Speciell auf diese Art der Abweichung, das heisst auf die sphärische Aberration, haben wir im menschlichen Auge nicht zu rechnen, weil im Auge sphärische Oberflächen nicht vorkommen. Daraus folgt aber nicht, dass nicht anderweitige Abweichungen wegen Gestalt der Oberflächen im Auge vorkommen, vielleicht auch solche, die von der Textur der Medien, speciell von der Textur der Linse herrühren. Man kann sich in der That überzeugen, dass selbst Strahlen monochromatischen Lichtes, die von einem leuchtenden Punkte ausgehen, auch wenn derselbe in die Entfernung des deutlichen Sehens gebracht worden ist, dennoch nicht genau in einen Punkt vereinigt werden. Wäre dies der Fall, so müssten solche leuchtende Punkte, dem durch die Pupille kreisförmig begrenzten Strahlenkegel entsprechend, einfach kreisscheibenförmige Zerstreuungskreise geben, wenn sie diesseits und jenseits der Grenzen des deutlichen Sehens gebracht werden. Das ist aber nicht der Fall: sie geben eine grössere Anzahl von sich theilweise deckenden Bildern nebeneinander und übereinander, die man noch einzeln von einander unterscheiden kann. Diese Erschei-

nung bezeichnet man mit dem Namen Polyopia monophthalmica. Sie kann eine physiologische sein, indem sie sich auf das gesunden Augen gemeinsame Maass beschränkt, und eine pathologische, wenn sie dieses überschreitet und ungewöhnliche Gesichtserscheinungen verursacht. Sie hat ihren Grund nicht blos in der Gestalt der Oberflächen, sondern auch in der Textur der Medien, speciell der Linse. Man kann kaum zweifeln, dass diese verschiedenen Bilder mit der Anordnung der Linsenfasern und mit der Eintheilung derselben um verschiedene Axensysteme zusammenhängen.

Astigmatismus.

Eine Unregelmässigkeit in der Gestalt der Oberflächen, die den Augenarzt ganz besonders interessirt, ist der sogenannte Astigmatismus. Wir haben bis jetzt die brechenden Oberflächen im Auge als Rotationsoberflächen angesehen, als Oberflächen, die durch Umdrehung einer Curve um ihre Axe entstanden sind. Das sind sie aber im strengen Sinne des Wortes nicht, und speciell ist es die Hornhaut nicht. In der Regel ist der Krümmungshalbmesser der Hornhaut im verticalen Durchschnitt etwas kleiner, als der Krümmungshalbmesser der Hornhaut im horizontalen Durchschnitt. Dies bedingt den sogenannten normalen oder physiologischen Astigmatismus. Indem die vertical divergirenden Strahlen früher zur Vereinigung kommen, als die horizontal divergirenden Strahlen, gibt es keinen einzelnen Punkt, wo das Lichtbündel, welches repräsentirt ist durch den Lichtkegel der convergirenden und durch den darauf gesetzten der divergirenden Strahlen, am dünnsten ist; sondern es gibt eine Strecke, wo es relativ dünn ist, wo also die Zerstreuungskreise sehr wenig wachsen, wenn die Retina etwas nach vorn oder nach hinten zurückweicht. Dies ist, was Sturm mit dem Namen Intervalle focal bezeichnet hat. Sturm wollte aus dem normalen Astigmatismus die ganze Accommodation für verschiedene Sehweiten erklären oder vielmehr hinweg erklären. Er sagte: Das Auge braucht gar keine Accommodation, es ist vermöge dieser Assymmetrie der Oberflächen um die Axe schon von vorneherein so eingerichtet, dass es in verschiedenen Entfernungen deutlich sieht. Es ist hinreichend dargethan, dass zwar das Intervalle focal existirt, aber ausserdem noch eine Accommodation durch Gestaltveränderung der Linse. Das Intervalle focal erklärt einen Theil der Accommodationsbreite, oder richtiger der Breite des deutlichen Sehens, welche übrig bleibt, wenn die Linse aus dem Auge entfernt worden ist. Der Astigmatismus kann anomal sein durch die Richtung, insofern als die Ebene der kürzesten Vereinigungsweite nicht die verticale Ebene, und die Ebene der grössten Vereinigungsweite nicht die horizontale Ebene ist. Er kann aber auch ungewöhnlich sein durch seinen Grad und zwar in solcher Weise, dass dadurch das Sehen wesentlich beeinträchtigt wird.

Der Astigmatismus war schon Thomas Young bekannt, der ihm selbst in bedeutendem Grade unterworfen war. Ebenso der königliche Astronom Airy, der durch Astigmatismus wesentlich am deutlichen Sehen gehindert wurde und ihn deshalb mit einer Cylinderlinse corrigirte. Sie sehen leicht ein, dass, wenn ich eine Convexcylinderlinse so vor das

Auge lege, dass die Axe der Cylinderfläche in der Ebene der kürzesten Vereinigungsweite liegt, ich dadurch die Assymmetrie des Auges compensiren kann. Ich kann machen, dass die horizontal und die vertical divergirenden Strahlen sich in einer und derselben Entfernung vereinigen. Das ist zu thun, wenn das astigmatische Auge weitsichtig ist; ist es aber kurzsichtig, dann werde ich eine Concavcylinderlinse vor das Auge setzen und hiemit den Astigmatismus corrigiren, indem ich nun die Axe der Cylinderfläche in die Ebene der grössten Vereinigungsweite verlege. Ich kann auch, wenn die Cylinderlinse noch nicht

Fig. 37.



Fig. 38.



den Accommodationsfehler in der wünschenswerthen Weise corrigirt, sie noch mit einer sphärischen Sammel- oder Zerstreuungslinse combiniren. Die ausgedehntesten Arbeiten über den Astigmatismus hat Donders gemacht, und seitdem ist auch die Lehre von demselben und die Art und Weise, wie man ihn ermittelt und corrigirt, allgemein in die Augenheilkunde übergegangen. Ein bedeutender Grad von Astigmatismus wird schon merklich, wenn man zwei unter rechtem Winkel gekreuzte Linien dem Auge nähert und wieder entfernt. Man findet dann, dass nicht beide gleichzeitig undeutlich und nicht gleichzeitig deutlich werden. Deutlicher noch tritt der Einfluss der Richtung an Fig. 37 hervor, und noch deutlicher an Fig. 38, weil sich hier grauschimmernde Sectoren bilden, da wo die Kreislinien aufhören scharf begrenzt zu sein.

Wandtafeln zur Untersuchung des Astigmatismus sind von O. Becker angegeben.

Mangelhafte Centrirung.

Der optische Apparat des Auges hat noch einen andern Fehler, er ist nicht richtig centrirt. Wenn ich ein System von optischen Medien habe, welche alle genau um eine Axe centrirt sind, so werden, wenn es nicht achromatisch ist, die Vereinigungspunkte für die verschiedenfarbigen Strahlen, die von einem Punkte der Axe ausgehen, zwar nicht zusammenfallen, aber sie werden alle in der Axe liegen, zuvorderst der für die violetten Strahlen, dann der für die blauen und zuletzt der für die rothen Strahlen. Wenn aber ein solches System nicht richtig centrirt ist, dann werden auch diese Vereinigungspunkte nicht in solcher Weise liegen, sondern das ganze System wird sich wie eine Linse verhalten, an die ein Prisma angesetzt ist. Die Strahlen, die in der Axe der ersten brechen-

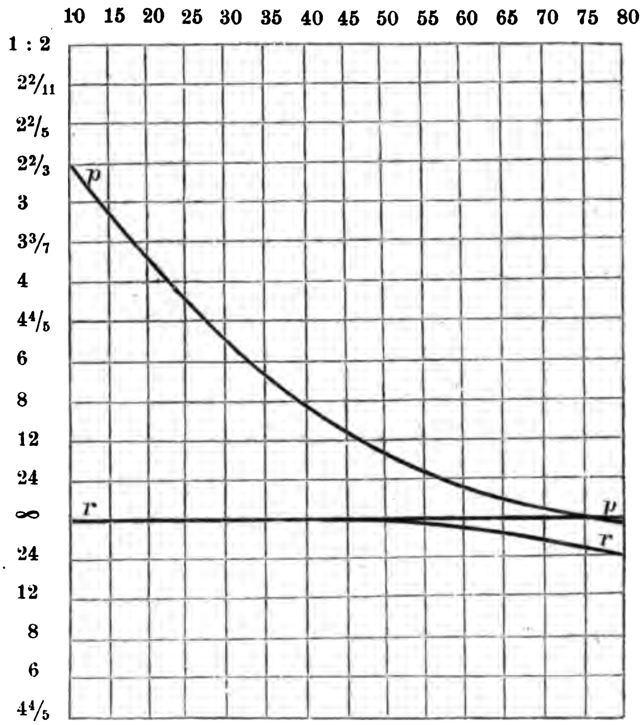
den Fläche eingefallen sind, werden sämmtlich aus derselben abgelenkt werden, und die Bilder von Punkten in der Axe werden ausserhalb der Axe liegen. Da der Brechungsindex der Medien für kurzwellige Strahlen ein grösserer ist als für langwellige Strahlen, so werden auch die kurzwelligen Strahlen mehr abgelenkt werden, und in Folge davon wird die seitliche Ablenkung für die Bilder eine verschiedene sein. Wenn wir nachweisen können, dass sich auch im menschlichen Auge eine ähnliche Erscheinung beobachten lasse, so geht daraus mit Sicherheit hervor, dass das menschliche Auge nicht richtig centrirt ist, wenigstens nicht um die Gesichtslinie, wenn wir die Erscheinung im directen Sehen wahrnehmen. Um nun dies zu beobachten, klebt man ein rothes Papier zwischen zwei blaue und schneidet aus dieser Zusammenstellung schmale Streifen, so dass sich in der Mitte ein rothes Stück und zu beiden Enden ein blaues befindet. Nun hält man einen solchen Streifen in einiger Entfernung gegen einen möglichst dunklen Grund. Es ist klar, dass das rothe Stück etwas verbreitert erscheinen muss, wenn man ihn in eine solche Entfernung bringt, dass das Auge genau für die blauen Stücke eingestellt ist, und umgekehrt, wenn man den Streifen so weit entfernt hält, dass das Auge für das rothe Stück eingestellt ist, die blauen verbreitert erscheinen. Wäre das Auge genau centrirt, dann müssten zwar die Stücke ungleich breit sein, aber in einer Linie liegen, das heisst das breitere Stück müsste nach beiden Seiten symmetrisch über das schmälere hinübergreifen. Dies ist aber nicht der Fall, sondern sie weichen, bei dem einen Auge mehr, bei dem andern weniger, seitlich aus, und zwar sind die Richtungen, in denen sie ausweichen, bei den verschiedenen Augen verschieden. Daraus geht hervor, dass das menschliche Auge nicht um die Gesichtslinie centrirt ist, und wenn man bedenkt, dass die Farbenzerstreuung nur ein Bruchtheil von der ganzen Ablenkung ist, welche die Strahlen erfahren, denn sie ist ja nur die Differenz zwischen der Ablenkung der kurzwelligen und der langwelligen Strahlen; so bemerkt man, dass dieser Mangel an Centrirung bei den meisten Augen keineswegs ein unbedeutender ist.

Refractions- und Accommodationsanomalien.

Wir haben bis jetzt im Allgemeinen von solchen Augen gesprochen, welche im Zustande der Ruhe für die unendliche Ferne eingestellt sind. Diese Augen pflegt man mit dem Namen der emmetropischen oder normalen Augen zu bezeichnen. Normale Augen nennt man diese Augen deshalb, weil sie in der Jugend die vortheilhaftesten und brauchbarsten sind, weil man mit ihnen in der unendlichen Ferne deutlich sehen kann und auch so weit für die Nähe accommodiren, dass man feine Schrift lesen, feine Arbeiten ausführen kann u. s. w. — Wenn man aber das ganze Leben überblickt, so muss man sagen, dass diese Augen keineswegs die vortheilhaftesten sind, welche man haben kann, namentlich nicht für einen Gelehrten, und nicht für Jemanden, der auf feine, im Kleinen auszuführende Arbeiten angewiesen ist. Diese Augen werden bereits im mittleren Lebensalter dadurch, dass sie ihr Accommodationsvermögen verlieren, für die Nähe unbrauchbar. Man blicke auf umstehende Tafel, welche die Sehweite des emmetropischen Auges in den verschiedenen Lebensaltern nach Donders darstellt. Oben stehen die Lebensjahre,

links die Entfernungen, *p p* ist die Linie, welche den Veränderungen des Nahepunktes in den verschiedenen Lebensaltern folgt, *r r* die Linie für den Fernpunkt. Das Auge kann im zehnten Lebensjahre bis auf eine Entfernung von $2^2/_3$ Zoll accommodiren. Die Accommodation des Kindes ist demnach eine ausserordentliche. In späteren Jahren aber

Fig. 39.



nimmt dieses Accommodationsvermögen rasch ab. Schon mit 23 Jahren accommodirt das Normalauge nur noch auf 4 Zoll, mit 40 Jahren nur noch auf 8 Zoll, und vor Anfang der fünziger Jahre weicht der Nahepunkt auf 12 Zoll zurück, also auf eine Entfernung, in der man schon recht feine Arbeiten nicht mehr gut vornehmen kann und feine Schrift nur noch mit Anstrengung liest. Für diese Entfernung wird jetzt schon die ganze Accommodationsanstrengung, die man nur für kurze Zeit erträgt, gebraucht, während der Jüngling für diese Entfernung noch mit einem Bruchtheile seiner Accommodation ausreichte. Es muss bemerkt werden, dass dies noch keineswegs die ungünstigsten Fälle sind, bei denen das Normalauge gegen Ende der vierziger Jahre seinen Nahepunkt 12 Zoll entfernt hat; es kommt vor, dass die Accommodation noch rascher verloren geht, und der Nahepunkt in diesem Alter schon bis nahe auf 24 Zoll hinausgerückt ist. Mit 60 Jahren ist er laut der beistehenden Tabelle normal auf 24 Zoll hinausgerückt, eine Entfernung, in der man nur noch grosse Schrift lesen kann, und in der es ganz unmöglich ist,

feinere Arbeiten auszuführen. Später rückt er hinaus bis in die unendliche Ferne und kann im hohen Alter bis über die unendliche Ferne hinausgerückt sein, das heisst das Auge bringt dann häufig nur noch schwach convergirende Strahlen zur Vereinigung.

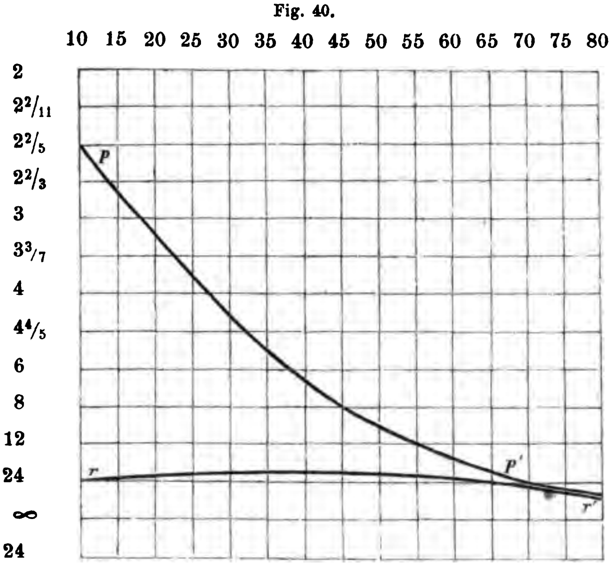
Um das fünfzigste Jahr herum oder früher wird ein solches normales Auge einer Brille bedürfen. Es bedarf natürlich einer Convexlinse, die die Strahlen weniger divergirend macht, so dass Strahlen, die sonst erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung gekommen wären, nun in derselben zur Vereinigung kommen.

Eine andere Frage ist es, wie früh soll man einem solchen Presbyopischen eine Brille geben. Dies soll man dann thun, wenn er findet, dass er nicht mehr wie sonst dauernd und ohne Anstrengung ohne Brille lesen kann. Bei den Laien herrscht ein Vorurtheil gegen die Brillen. Sie sagen, wenn sie einmal eine Brille nähmen, so müssten sie dann zu immer stärkeren übergehen. Sie wollten ihr Auge nicht verwöhnen u. s. w. Dass die Betreffenden eine immer stärkere Brille nehmen müssen, ist richtig: das rührt aber nicht von der Brille her, sondern davon, dass die Leute immer älter werden. Durch den Gebrauch der Brille wird man der unnützen Anstrengungen, die man behufs Accommodation zu machen genöthigt ist, überhoben, schon hierin liegt ein Vortheil und überdies braucht man nicht mehr die Objecte in so grosser Entfernung vom Auge zu halten, erhält dadurch, und durch die Wirkung, welche das Brillenglas selbst auf die Lage des hinteren Knotenpunktes ausübt, grössere Netzhautbilder und erzielt somit einen Gewinn, dem gegenüber man sich den Lichtverlust durch die zweimalige Reflexion am Brillenglase gefallen lassen kann. Nicht selten kommt es vor, dass solche Presbyopische, die längere Zeit gewöhnt waren, in grösserer Entfernung zu lesen, wenn sie eine Brille bekommen und die Objecte dem Auge nun näher halten als früher, sich beklagen, dass die Brille sie anstrenge, dass sie Schmerzen in der Supraorbitalgegend, Schwindel bekommen, dass sie schliesslich doppelt sehen u. s. w. Das rührt davon her, dass sie gewohnt waren, Alles in grösserer Entfernung zu betrachten und daher sich entwöhnten, ihre Gesichtslinien stärker convergiren zu lassen. Jetzt, wo sie wieder stärker convergiren sollen, macht ihnen die Contraction der Recti interni Anstrengung, verursacht ihnen Ermüdung und die oben erwähnten Beschwerden. Diesem kann man dadurch, dass man die Brillen nicht centrirt, abhelfen. Wenn man vor jedes Auge ein Prisma von kleinem Winkel legt, so dass die brechenden Kanten der Prismen nach der Schläfenseite gewendet sind, also die dicken Seiten der Prismen nach der Nasenseite, so ist es klar, dass die Strahlen, die zu den beiden Augen von einem näheren Punkte kommen, durch die Prismen so abgelenkt werden, als wenn sie zu den Augen von einem entfernteren Punkte kämen. Wenn ich mir also diese Prismen mit Sammellinsen vereinigt denke, so kann ich mit einer Convergenz der Sehaxen, die sonst nur für fernere Objecte geeignet ist, nähere Objecte einfach sehen. Eine solche Vereinigung eines Prismas mit einer Linse ist sehr leicht herzustellen. Man braucht nur ein Glasstück convex schleifen zu lassen, gross genug, um zwei Brillengläser daraus zu machen, dieses in der Mitte durchzuschneiden und jede der beiden Hälften in Form eines Brillenglases abzurunden. Dann erhält man zwei prismatische

Convexgläser. Ich brauche es auch nicht gerade so zu machen. Wenn ich den Winkel des Prismas bei gleicher Brennweite der Linse kleiner haben will, kann ich die Brillengläser etwas grösser schleifen, als ich sie anwenden will, und aus diesen etwas grösser geschliffenen Brillengläsern nicht das mittlere Stück, sondern ein excentrisch liegendes verwenden. Diese Stücke lege ich nun wieder so an, dass sie mit der dicken Seite gegen die Nasenseite, mit der dünnen gegen die Schläfenseite gewendet sind; dann habe ich wieder Gläser, die mir den Dienst einer Vereinigung von Prismen und Linsen leisten, sogenannte prismatische Gläser. Sie sind von ausgedehnter Anwendung, weil die Fälle, in denen dauernde Contraction der Interni nicht ertragen wird, nicht blos bei Presbyopen, sondern auch bei anderen Individuen gar nicht selten vorkommen. Man bezeichnet diesen Zustand als Insufficenz der Recti interni.

Sie sehen leicht ein, dass ein wesentlicher Nachtheil daraus entstehen muss, wenn umgekehrt die Brillengläser in der Weise mangelhaft centrirt sind, dass die dünnere Seite derselben nach der Nasenseite, die dickere nach der Schläfenseite liegt, dass also die Gesichtslinie nach innen von der Axe des Brillenglases fällt. In diesem Falle müssen die Recti interni stärkere Anstrengungen machen, als im normalen Zustande, und dies führt noch einen andern Nachtheil mit sich. Der Tensor chorioideae hat wie der Sphincter pupillae Mitbewegung mit dem Rectus internus. Wenn also der Rectus internus stärker zusammengezogen wird, so ist damit auch eine unwillkürliche Accommodationsbewegung und somit eine ganz unnöthige Anstrengung für das Auge gegeben.

Fig. 40.



Nach der Tafel Fig. 39 verändert sich auch der Fernpunkt in den späteren Jahren, so dass er über die unendliche Ferne hinausgeht. Das

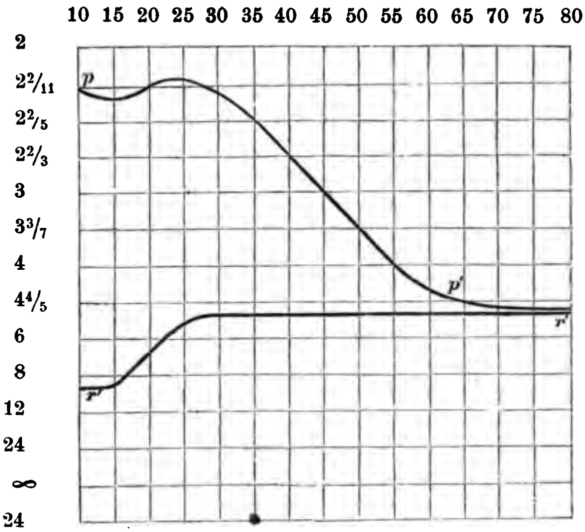
Auge bringt also, wenn auch der Nahepunkt im späten Alter die Grenze der Unendlichkeit überschreitet, nur noch Strahlen zur Vereinigung, die convergent auf das Auge fallen. Das ist nun beim Normalauge nicht immer der Fall. Es lässt sich über den Gang des Fernpunktes nichts Sicheres angeben. Manchmal geht der Fernpunkt über die unendliche Ferne hinaus, manchmal bleibt er in der unendlichen Ferne, manchmal wird er etwas herangezogen. Leute, bei denen letzteres statt hat, sehen im Alter in einer bestimmten endlichen Entfernung vollkommen scharf, so wie sie in ihrer Jugend gesehen haben, während sie in der unendlichen Ferne nicht so scharf wie früher sehen. Diese Fälle gehören zu den Seltenheiten und kommen vielleicht nur bei Augen vor, die vorherrschend mit nahen Gegenständen beschäftigt waren.

Ein Auge, das im Zustande der Ruhe nicht mehr für die unendliche Ferne, sondern für irgend eine endliche Entfernung eingestellt ist, nennen wir ein kurzsichtiges. Bei diesem müssen wir nach Donders drei Arten unterscheiden, die nicht allein durch den Grad der Kurzsichtigkeit, sondern auch durch die Veränderungen, die die Kurzsichtigkeit in den verschiedenen Lebensjahren erleidet, von einander abweichen. Das erste ist das stationär kurzsichtige Auge. (Fig. 40 gibt ein Bild seiner Leistungen.) Es ist im Zustande der Ruhe in der Kindheit auf eine Entfernung von 24 Zoll eingestellt und kann bis auf $2^2/_5$ accommodiren. Das Accommodationsvermögen nimmt natürlich mit den Lebensjahren ab. Im Alter von 40 Jahren kann ein solches Auge noch auf 6 Zoll accommodiren und in einem Alter von 60 Jahren noch auf 12 Zoll, während das normale Auge in diesem Alter nur noch auf 24 Zoll accommodiren kann. Ein Individuum mit solchen Augen kann also im Alter von 60 Jahren gewöhnliche Schrift noch ohne Brille lesen. In den früheren Lebensjahren brauchte es beim Lesen und Schreiben bei Weitem nicht so grosse Accommodationsanstrengungen, wie der Normalsichtige, sondern nur einen Bruchtheil seiner Accommodation. Das sind deshalb die unverwüstlichen Augen, die Nächte hindurch arbeiten ohne davon besonders angestrengt zu werden. Das sind ferner die Augen, die im Alter insofern die bessern Dienste leisten, als sie für das Sehen in die Nähe länger als Normalaugen ohne Brille gebraucht werden können.

Ein anderes Auge, schon weniger beneidenswerth, ist das zeitlich progressiv kurzsichtige Auge, wie es Donders nennt. Das ist (wie Fig. 41 zeigt) von vorneherein mit einem höheren Grade von Kurzsichtigkeit behaftet. Der Fernpunkt liegt in der Kindheit zwischen 8 und 12 Zoll und es kann auf $2^2/_{11}$ Zoll accommodirt werden. Der Nahepunkt nähert sich noch im mittleren Lebensalter zwischen 20 und 30 Jahren, aber auch der Fernpunkt; das Auge wird also kurzsichtiger. In einem Alter von 30 Jahren kann das Auge auf keine viel grössere Entfernung als etwa 5 Zoll eingestellt werden. Die Accommodation nimmt im zunehmenden Alter fortwährend ab, so dass zuletzt eine bleibende Sehweite von 5 bis 6 Zoll entsteht. Begreiflicher Weise ist ein solches Auge nicht nur unbrauchbar zum Sehen in die Ferne, sondern auch schon ungünstig für das Sehen in die Nähe. In so geringer Entfernung kann meist nicht mehr dauernd und ohne Anstrengung binoculär gesehen werden, weil man die Recti interni zu stark contrahiren muss, um noch von beiden Augen in einer solchen Entfernung einfache Bilder zu haben.

Das bleibend progressiv kurzsichtige Auge ist das schlechteste von allen. Es ist das kurzsichtigste schon in der Jugend, der Fernpunkt liegt nach dem von Donders gegebenen Schema (S. Figur 42) zwischen 6 und 8 Zoll, der Nahepunkt bei $2^2/_{11}$ Zoll. Der Nahepunkt rückt noch heran in den Jünglingsjahren, später rückt er hinaus mit schwindender

Fig. 41.



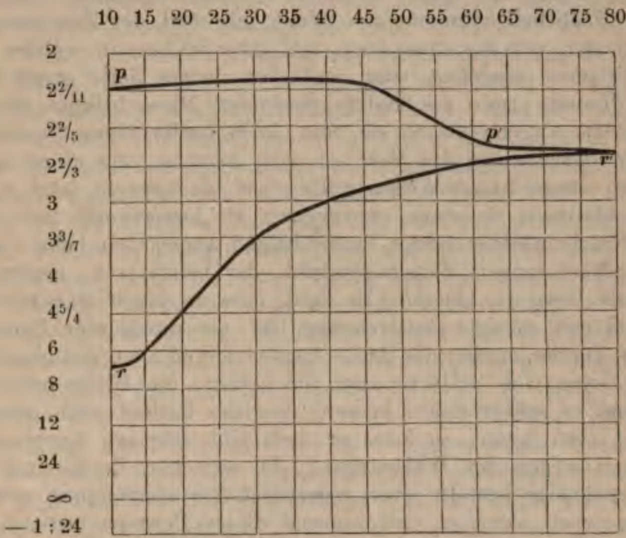
Accommodation. Der Fernpunkt rückt mit zunehmenden Jahren heran. Er ist mit 60 Jahren auf $2^2/_3$ Zoll herangerückt und nähert sich dann allmälig noch mehr. Dies sind die Augen, in denen sich Staphyloma posticum und Gesichtsschwäche in Folge beginnender Netzhaut-Atrophie ausbildet, und die häufig im hohen Alter ganz erblinden.

Ausser diesen verschiedenen Formen von Kurzsichtigkeit, die Folgen des Baues des Auges, der Krümmungshalbmesser der brechenden Flächen und der Länge der Augenaxe, sind, gibt es noch eine erworbene Kurzsichtigkeit, oder richtiger, eine angewöhnte Kurzsichtigkeit. Diese beruht darauf, dass Leute, die schon in ihrer Jugend viel in der Nähe arbeiten, Gymnasiasten, die viel Texte mit kleiner Schrift lesen, Stickerinnen, die sehr feine Arbeiten machen, zuletzt das Vermögen verlieren, ihren Accommodationsapparat vollständig zu entspannen. Sie lassen ihr Auge dauernd für die Nähe eingestellt, sie wissen nicht mehr, wie sie es machen sollen, um ihr Auge so weit für die Ferne einzurichten, dass sie es für den wahren Fernpunkt, der der Gestalt der optischen Medien und der Tiefe des Auges entspricht, einstellen.

Es fragt sich, was soll man mit einem kurzsichtigen Auge thun? Mit was für einer Brille soll man ihm nachhelfen? Es ist gelehrt worden, man solle ein kurzsichtiges Auge auf ein normales Auge corrigiren, mit andern Worten, man solle ihm dauernd ein Brillenglas vorlegen, das mit seinem Auge zusammen ein optisches System bildet, welches im Zustande

der Ruhe des Auges für die unendliche Ferne eingestellt ist. Diese Lehre ist nicht zu rechtfertigen; denn ich verwandle dauernd ein kurzsichtiges Auge in ein Normalauge, während es in meiner Macht steht, das kurzsichtige Auge nur zeitweise in ein Normalauge zu verwandeln, nur dann, wenn es als Normalauge gebraucht werden soll, wenn es eben in der

Fig. 42.



unendlichen Ferne deutlich sehen soll. Ich kann also allerdings einem kurzsichtigen Auge eine Brille geben, die sein Auge auf ein normales Auge oder doch nahezu auf ein normales Auge corrigirt, aber nur zu dem Zwecke die Brille zum Sehen in die Ferne zu gebrauchen. Braucht Jemand eine Brille, um in einer bestimmten endlichen Entfernung genau zu sehen, so gibt man ihm eine Brille, die sein Auge so weit corrigirt, dass sein Fernpunkt in dieser Entfernung liegt. Hat z. B. ein Schulknabe in einem Abstande von 5 Schuh auf die Tafel zu sehen, so gibt man ihm eine Brille, mit der sein Auge im Zustande der Ruhe, das heisst bei möglichst entspanntem Accommodationsapparat, in einer Entfernung von 5 Schuh deutlich sieht. Man muss sich aber hüten dem Patienten zu empfehlen, diese Brille auch beim Lesen und Schreiben zu gebrauchen, man muss ihm im Gegentheil sagen, dass er sie dazu jedesmal ablegen müsse. Man ladet ihm ja durch eine solche Brille beim Lesen und Schreiben eine ganz unnütze Accommodationsanstrengung auf, die er sich ohne weiteres ersparen kann. Nun gibt es aber Kurzsichtige, die ohne Brille die Objecte so nahe halten müssen, dass sie sie nicht mehr einfach sehen. Diesen kann man zum Sehen in die Nähe eine schwächere Zerstreuungsbrille geben, die ihr Auge so weit corrigirt, dass nunmehr der Fernpunkt etwa bei 9 bis 12 Zoll liegt. Dann werden sie ohne oder mit nur geringer Accommodationsanstrengung mit derselben lesen und schreiben können.

So lange aber die Kurzsichtigkeit nicht einen sehr hohen Grad erreicht, ist es gar nicht nöthig eine Zerstreuungslinse zu geben, man kann viel einfacher helfen. Ich gebe eine Zerstreuungslinse damit der Patient das Buch weiter vom Auge entfernt halten könne. Sie hat für ihn den Nachtheil, dass die Lichtintensität, wie dies bei jeder Brille der Fall ist, wegen der Reflexionen, an den beiden Flächen der Gläser geschwächt wird. Ausserdem hat er kleinere Netzhautbilder, als er sie haben würde, wenn er nicht durch Zerstreuungsgläser sähe. Diesen letzteren Nachtheil vermeide ich, wenn ich statt der Zerstreuungslinsen plane Prismen vor das Auge lege. Ich gebe Brillen, in welche statt der Linsen Prismen eingelegt sind, mit der dicken Seite gegen die Nase, mit der dünnen gegen die Schläfe gewendet. Diese bringen die Strahlen so zu beiden Augen, als ob sie von einem entfernteren Punkte kämen. Nun kann der Patient das Buch so nahe bringen, wie er es zum Sehen mit seinen kurzsichtigen Augen nöthig hat. Er braucht jetzt nicht mehr die Gesichtslinien so stark convergiren zu lassen und hat dabei die grossen Netzhautbilder seines kurzsichtigen Auges. Ich habe diesen Versuch an einem jungen Manne gemacht, der behauptete, binoculär nicht ohne Brille lesen zu können. Er fand, dass er durch eine solche Brille besser und mit weniger Anstrengung las, als durch eine Zerstreuungsbrille. Er konnte später die Brille weglegen und auch mit blossen Augen binoculär lesen. Ich halte es aber für besser, die Brille beizubehalten. Denn wenn es später dahin kommt, dass der Patient auch ohne Brillen binoculär lesen kann, so muss er doch eine stärkere Anstrengung der Interni und wegen der Mitbewegung, die zwischen Rectus internus und Tensor choriodeae besteht, eine Accommodationsanstrengung machen, die vermieden wird, wenn er sich dauernd dieser Prismen bedient.

Man kann sich indessen bei höheren Graden von Kurzsichtigkeit gezwungen sehen, Zerstreuungsgläser auch für die Nähe zu geben, weil es namentlich beim Schreiben lästig ist, das Auge dem Papier sehr nahe bringen zu müssen. Dann ist es von Wichtigkeit, dass diese so gestellt sind, dass die Gesichtslinie in keinem Falle nach aussen von der Axe der Linse fällt, sondern dass sie etwas nach innen von der Axe zu liegen kommt. Würde die Gesichtslinie nach aussen von der Axe der Linse durchgehen, so würde die Zerstreuungslinse vor dem Auge prismatisch wirken in einem solchen Sinne, dass nun eine grössere Convergenz der Gesichtslinien nothwendig wäre, als bei genau centrirter Linse. Wenn dagegen die Gesichtslinie nach innen von der Axe der Linse, nach der Nasenseite zu, fällt, so wirkt die Linse zugleich als ein Prisma, dessen dicke Seite der Nasenseite, und dessen dünne Seite der Schläfenseite zugewendet ist. Sie verlangt also von dem Betreffenden eine geringere Convergenz der Gesichtslinien als wenn wirklich die beiden Linsen mit den Augen richtig centrirt worden wären. Dies ist deshalb von Wichtigkeit, weil ja mit der grösseren Convergenz auch immer eine unwillkürliche Accommodationsanstrengung für die Nähe verbunden ist, die der Correction entgegenwirkt, welche wir durch die Brille anstreben, und ausserdem im Laufe der Zeit die Myopie steigert.

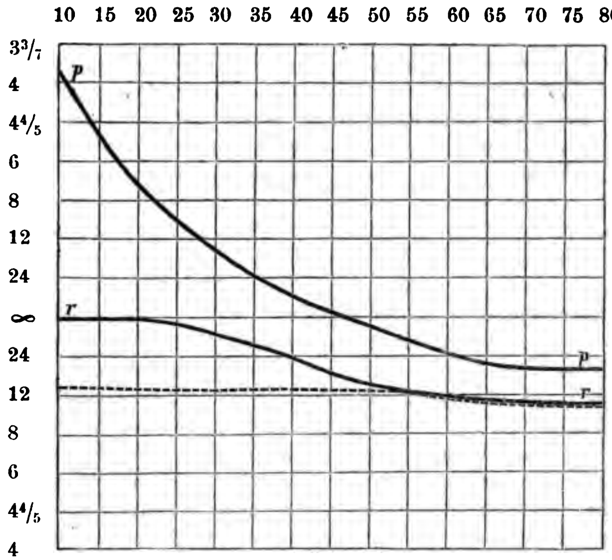
In späteren Jahren, wo gerade bei den hohen Graden der Kurzsichtigkeit oft zugleich auch Schwachsichtigkeit, mangelhaftes Unterscheidungsvermögen wegen beginnender Atrophie der Netzhaut, eintritt,

geschieht es nicht selten, dass solche Individuen keine Zerstreuungsbrille mehr finden, mit der sie überhaupt noch etwas lesen können, wenigstens keine, mit der sie noch feineren Druck zu lesen im Stande wären. Solchen Augen kann man für einige Zeit noch durch Brillengläser helfen, welche ihr Auge für einen brauchbaren Abstand einstellen und dabei ein etwas vergrössertes Bild geben. Diese Brillen, die jetzt in ziemlich ausgedehntem Gebrauche sind, scheinen zuerst hier in Wien von dem verstorbenen Optiker Prokesch, vielleicht schon von dessen Vorgänger, verfertigt worden zu sein. Denken Sie sich, ich könnte an mein Auge vorne ein Stück ansetzen, ich könnte es unter Beibehaltung der vorderen convexen Fläche nach vorne zu vergrössern, so möchte es mir dadurch gelingen, den hinteren Knotenpunkt weiter nach vorn zu rücken, und ich würde dadurch ein entsprechend grösseres Netzhautbild erhalten. Nun kann ich zwar dem Auge nicht direct ein Stück ansetzen, aber ich kann ihm eine Linse vorlegen, die in ähnlicher Weise wirkt, als ob ich nach vorne zu ein Stück an das Auge angesetzt hätte. Denken Sie sich eine Linse, welche nach vorn convex ist, und welche die aus einer endlichen Entfernung, z. B. aus einer Entfernung von 10 Zoll, kommenden Strahlen aufnimmt, so werden diese durch die vordere convexe Oberfläche der Axe zu gebrochen werden. Die hintere Oberfläche sei concav, sie wird also die austretenden Strahlen wieder stärker divergirend machen. Sie sei nun so abgepasst, dass diese austretenden Strahlen so divergiren, als ob sie von einem nur 4 Zoll entfernten Punkte ausgegangen wären. Sie werden dann auf der Netzhaut eines in so hohem Grade Kurzsichtigen, dass sein Fernpunkt bei 4 Zoll liegt, noch zur Vereinigung kommen. Das Bild aber ist, wenn das Glas hinreichend dick ist, nicht wie bei einem gewöhnlichen Zerstreuungsglase verkleinert, sondern vergrössert. Es beruht dies, wie ich schon angedeutet habe, darauf, dass vor das Auge gelegte Linsen mit diesem zusammen ein optisches System mit neuen Cardinalpunkten bilden, deren Lage für die verschiedenen Fälle von Mauthner, Knapp und Donders erörtert worden ist. Der einfachste Fall ist der, wo die Linse in der vorderen Brennpunktsebene des unbewaffneten Auges liegt und so dünn ist, dass der örtliche Unterschied ihrer brechenden Flächen vernachlässigt werden kann. Dann behalten die vorderen Cardinalpunkte des Auges, das heisst der vordere Brennpunkt, der vordere Hauptpunkt und der vordere Knotenpunkt ihren Ort, die hinteren Cardinalpunkte, das heisst der hintere Hauptpunkt, der hintere Knotenpunkt und der hintere Brennpunkt, werden sämmtlich um eine gleiche Grösse verschoben, durch Sammellinsen nach vorn, durch Zerstreuungslinsen nach hinten. Es bleibt also hier, wenn auch das Netzhautbild wegen des veränderten Abstandes des hinteren Knotenpunktes von der Netzhaut grösser oder kleiner erscheint, doch die Grösse des Netzhautbildes, so weit man es als ein auf der jeweiligen hinteren Brennpunktsebene entworfenes Bild ansieht, ungeändert. Anders, wenn obige Bedingungen nicht erfüllt sind: es kann dann je nach der Natur und Anordnung der brechenden Flächen vergrössert oder verkleinert werden, vergrössert und verkleinert je nachdem sich die Entfernung vom hinteren Knotenpunkte zum hinteren Brennpunkte verändert. Unser dickes Brillenglas, vorne convex und hinten concav, ist seinem Wesen nach, wie wir später sehen werden, ein Galiläi'sches

Fernrohr mit schwacher Vergrösserung. Brillen mit solchen Gläsern würden in noch viel ausgedehnterem Gebrauche sein, wenn sie nicht durch ihre Schwere in hohem Grade unbequem wären.

Das diametrale Gegentheil des kurzsichtigen Auges ist das von Donders so benannte hypermetropische. Dies charakterisirt sich dadurch, dass das Auge im Zustande der Ruhe weder für eine endliche noch für die unendliche Ferne eingestellt ist, dass es im Zustande der Ruhe nur

Fig. 43.

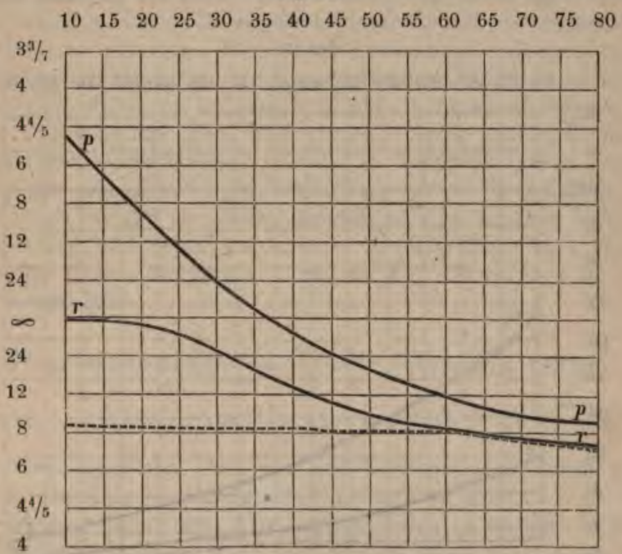


convergirende Strahlen zur Vereinigung bringt. Bei den geringeren Graden von Hypermetropie wird dies gar nicht bemerkt. Die Hypermetropen können ihr Auge im Zustande der Ruhe niemals gebrauchen, sie sind immer darauf angewiesen zu accommodiren, auch für die unendliche Ferne, sie verlernen es vollständig ihre Accommodation zu entspannen. Wenn man ihnen ein schwaches Convexglas gibt, so sehen sie deshalb meistens durch dasselbe in der Ferne nicht besser, als mit blossen Augen. Es gibt aber ein Mittel, um zu zeigen, dass bei ihnen das Auge im Zustande der Ruhe wirklich für convergirende Strahlen eingestellt ist. Man entspannt den Accommodationsapparat künstlich, indem man ihn durch Einträufeln von Atropin in das Auge lähmt.

Fig. 43 zeigt nach Donders die Sehweiten des in geringem Grade hypermetropischen Auges. Der Fernpunkt liegt in der Jugend in unendlicher Ferne. Dabei ist aber schon die Accommodation wirksam. Bei Atropineinträufelung ist der Fernpunkt auf fast — 12 Zoll zurückgegangen (siehe die punktirte Linie), das heisst es würden jetzt Strahlen zur Vereinigung kommen, welche so zum Auge gelangen, dass sie, wenn sie nicht in die optischen Medien des Auges hineingingen, sondern in der Luft fortschritten, sich 12 Zoll hinter dem Auge vereinigen würden. Da

in der Jugend die Accommodationsbreite gross ist, so merkt ein solches Individuum, das nur in geringem Grade hypermetropisch ist, von seinem Fehler in der ersten Jugend nichts. Erst in den zwanziger Jahren bemerkt es, dass es beim Lesen eher ermüdet, weil es jetzt schon, um sein Auge auf eine Entfernung von etwa 10 Zoll einzustellen, seine ganze Accommodationsbreite braucht. Wenn das Individuum aber 30 Jahre alt ist, kann es selbst mit seiner ganzen Accommodationsanstrengung das Auge nicht mehr auf 12 Zoll einstellen. Mit 35 Jahren liegt der Nahepunkt bei

Fig. 44.



24 Zoll: das Individuum ist also schon in den Blüthejahren darauf angewiesen, eine Brille zu gebrauchen. In späteren Jahren rückt der Nahepunkt immer weiter hinaus und endlich auch über die unendliche Ferne, so dass das Auge nur noch convergirende Strahlen zur Vereinigung bringt.

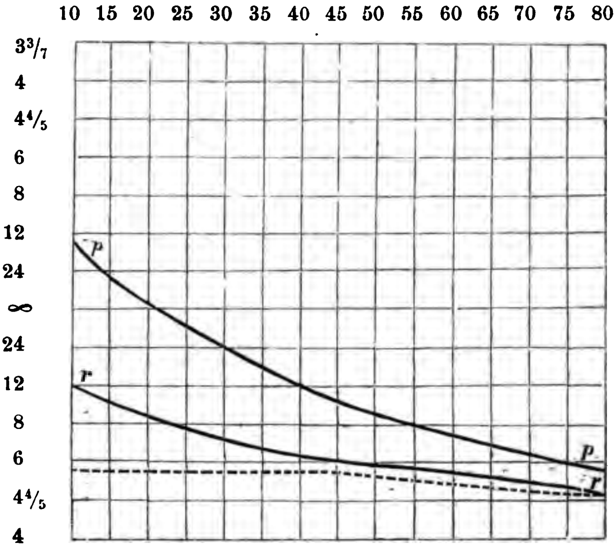
Einen höheren Grad der Hypermetropie besitzt das von Donders mittelmässig hypermetropisch benannte Auge (dessen Sehweiten in Fig. 44 dargestellt sind). Da liegt schon in der Jugend der Fernpunkt nach Entspannung der Accommodation durch Atropin (siehe die punktirte Linie) zwischen — 8 und — 12. In der Kindheit kann noch fürs Lesen und Schreiben accommodirt werden; aber schon mit dem fünfundzwanzigsten Lebensjahre ist der Nahepunkt über 12 Zoll hinausgerückt. Von jetzt an ist schon die ganze Accommodationsanstrengung nöthig, um eine kleinere Schrift noch lesen zu können: es tritt also schon jetzt die Zeit ein, wo das Auge relativ unbrauchbar wird.

Ein noch höherer Grad von Hypermetropie ist nach Donders in Fig. 45 dargestellt, das stark hypermetropische Auge. Da liegt der Fernpunkt des Auges ohne Entspannung des Accommodationsapparates schon in der Jugend bei — 12 Zoll, nach der Entspannung zwischen — 6 und — 5 Zoll. Es kann hier selbst in der Kindheit nicht auf 12 Zoll accom-

modirt werden. Im Alter von 21 Jahren kann aber noch für die unendliche Ferne eingestellt werden. Von da ab werden nur noch Strahlen zur Vereinigung gebracht, die convergirend zum Auge gelangen.

Die Hypermetropie ist ein Gesichtsfehler, der lange Zeit verkannt wurde, und dessen Verkennung und Vernachlässigung schwere Nachtheile nach sich zieht. Selbst diejenigen Hypermetropen, die noch für eine Entfernung accommodiren können, in welcher man zu lesen pflegt, brauchen, wie wir gesehen haben, schon ihre ganze Accommodationsanstrengung, um das Auge für diese Entfernung einzustellen. Dies halten sie aber nur verhältnissmässig kurze Zeit aus; es tritt bald ein Zustand ein, wo sie

Fig. 45.



anfangen doppelt zu sehen, wo ihnen, wie sie sagen, die Buchstaben ineinanderfliessen, wo sie ein Gefühl von Schwindel, Schmerzen in der Supraorbitalgegend u. s. w. bekommen.

Es führt ferner die Hypermetropie, abgesehen von der Unmöglichkeit, die später eintritt, feinere Arbeiten auszuführen, noch einen andern Nachtheil mit sich, nämlich den, dass die Betroffenen häufig schielen. Es wurde bereits mehrfach erwähnt, dass der Tensor chorioideae Mitbewegungen hat mit dem Rectus internus. Die Hypermetropen sind nun darauf angewiesen, sehr starke Accommodationsanstrengungen zu machen und helfen sich dabei, indem sie zugleich ihre Sehaxen für einen sehr nahen Punkt convergiren lassen. Da sie aber ihr Auge für diesen nahen Punkt nicht mehr einstellen können, da sie die Objecte nicht so nahe, sondern entfernter halten müssen, und sie beim Sehen mit beiden Augen Doppelbilder haben würden, so sehen sie nur mit einem Auge und schielen mit dem andern nach innen, indem sie dasselbe ganz vernachlässigen. So entsteht habituelles Schielen bei Hypermetropen.

Um alle diese Nachtheile zu verhüten, gibt es kein anderes Mittel, als den Hypermetropen zur rechten Zeit Brillen zu geben. Es versteht sich von selbst, dass diese keine andern als Convexbrillen, Sammelbrillen sein können. Bei den Kurzsichtigen hatten wir den Grundsatz, dem Patienten jedesmal die schwächste Brille zu geben, mit der er für den gegebenen Zweck auskommen kann, um unnöthige Accommodationsanstrengungen zu ersparen. Bei Hypermetropen gilt dieser Grundsatz nicht, man darf ihnen nicht die schwächsten Brillen geben, mit denen sie auskommen, weil sie dann noch immer die ganze Accommodation bei ihren Arbeiten gebrauchen müssten. Wir sind deshalb genöthigt, Brillen zu geben, die stark genug sind, um ohne grosse Accommodationsanstrengung mit denselben zu arbeiten. Es ist auch keineswegs rathsam, zu warten, bis der Zustand unerträglich wird, oder bereits Schielen eingetreten ist. Im Gegentheile, wenn ein hypermetropisches Auge als ein solches erkannt wurde, so soll man ihm eine Brille geben, durch welche es rechtzeitig auf ein normales Auge corrigirt wird. In späteren Jahren, wenn zur Hypermetropie noch Presbyopie hinzutritt, ist es nothwendig, in der Correction noch weiter zu gehen, sobald es sich um das Sehen in die Nähe, um Lesen und Schreiben u. s. w. handelt. Man muss dann durch die Brille das hypermetropische Auge wie das Normalauge in ein kurzsichtiges verwandeln.

Vergrösserungsmittel für die Nähe und Ferne.

Lupe, Dissectionsbrille und einfaches Mikroskop.

Wir haben gesehen, wie man den Refractionsanomalien des Auges nachhelfen, wie man sie compensiren kann. Nun gibt es aber für jedes Auge, auch das kurzsichtige, eine gewisse Nähe, in welcher es überhaupt nicht mehr deutlich sehen kann und doch würden wir, wenn wir den Gegenstand noch näher bringen könnten, von ihm ein noch grösseres Netzhautbild haben. Wir würden ihn vergrössert sehen, und würden Einzelheiten an ihm erkennen, die wir mit freiem Auge nicht mehr unterscheiden. Zu diesem Zwecke legen wir eine Sammellinse vor das Auge und nennen diese eine Lupe. Diese verschafft uns ein grösseres Bild, erstens weil wir den Gegenstand näher vor das Auge bringen können und zweitens, weil die Sammellinse mit unserem Auge ein neues optisches System bildet, in welchem der hintere Knotenpunkt weiter nach vorne liegt, als er früher in unserem Auge lag.

Da sich eine solche Lupe von einem Convexbrillenglase nur durch die kürzere Brennweite unterscheidet, so würden wir auch vor jedes der beiden Augen eine Lupe legen können, wenn wir die M. recti interni stark genug zu contrahiren vermöchten, um damit noch einfach zu sehen. Das gelingt aber nur, wenn wir die Lupen prismatisch machen. Wir schleifen ein Glas, gross genug, um zwei Brillengläser zu geben, auf der einen Seite convex, so dass es eine Brennweite von 6 bis 7 Zoll bekommt, schneiden es in zwei symmetrische Stücke und setzen diese mit der convexen Seite dem Auge zugewendet und mit dem dicken Rande gegen die Nase gekehrt in ein Brillengestell, dem wir zwei seitliche Schirme geben, um das seitlich einfallende Licht abzuhalten. Eine

solche Brille, die sich für anatomische Arbeiten sehr gut eignet, heisst eine Dissectionsbrille.

Wenn die Brennweite der Lupe bis zu einem gewissen Grade verkürzt wird, so wird die sphärische Aberration immer auffälliger und verdirbt das Bild immer mehr. Wir ziehen es für solche Fälle vor, zwei Sammellinsen mit einander zu combiniren, und nennen ein solches Instrument eine Doppellupe, ein Doublet. Wir können auch drei Sammellinsen in solchen Krümmungen und solcher Reihenfolge miteinander verbinden, dass die sphärische Aberration auf ein Minimum reducirt wird, dass eine sogenannte aplanatische Combination entsteht. Da wir jetzt stärkere Vergrösserungen erzielen und das Instrument nicht mehr gut aus freier Hand handhaben können, bringen wir es in ein Stativ, so dass es durch einen Trieb nach aufwärts und abwärts bewegt werden kann; wir verbinden es ferner mit einem Tische und einem Beleuchtungsspiegel und nennen das Ganze ein einfaches Mikroskop. Ein einfaches Mikroskop unterscheidet sich im Wesentlichen von einer Lupe nur durch die kürzere Brennweite und durch die Art der Montirung, dadurch dass es mit einem eigenen Arbeitstischchen und einem Beleuchtungsspiegel versehen ist.

Das zusammengesetzte Mikroskop und das Kepler'sche oder astronomische Fernrohr.

Anders verhält es sich mit dem zusammengesetzten Mikroskope, dessen wir uns bei unseren Arbeiten so vielfältig bedienen. Bei diesem wird erst durch das Objectiv ein umgekehrtes Luftbild entworfen, und dieses sehen wir mit der Ocularlinse an. Im Principe ist also das zusammengesetzte Mikroskop ebenso gebaut, wie ein astronomisches oder Kepler'sches Fernrohr. Beim astronomischen Fernrohre in einfachster Form hat man eine Objectivlinse, die ein umgekehrtes Bild liefert, und eine Ocularlinse, durch welche man dieses Bild vergrössert und ansieht. Da ich aber mit dem Mikroskope sehr nahe Gegenstände betrachte, von denen ich ein umgekehrtes Luftbild haben will, das grösser ist als das Object selbst, muss ich mit meinem Objecte sehr nahe an das Objectiv heranrücken, und dieses muss eine sehr kurze Brennweite haben. Ich reiche deshalb mit einer Objectivlinse nicht aus, ich muss eine Reihe von Objectivlinsen hintereinander aufstellen, und so entsteht dann das gewöhnliche aus drei Linsen bestehende Objectiv des Mikroskops. Ich sage, das Objectiv besteht gewöhnlich aus drei Linsen. Dies ist aber eigentlich nicht richtig. Ich hätte sagen sollen, aus vier Linsen: denn es ist eine Linse, die zum Objectiv gehört, weil sie zwischen Objectiv und umgekehrtem Luftbild liegt, vom Objectiv weggenommen und mit dem Ocular vereinigt worden. Es ist nämlich zweckmässiger, durch die Objectivlinsen des Mikroskops die Strahlen noch nicht zur Vereinigung kommen zu lassen, sondern sie nur im Rohre des Mikroskops hinaufzuleiten und noch eine vierte Sammellinse im Oculare, das heisst durch die Messingfassung mit der eigentlichen Ocularlinse verbunden, anzubringen, die man mit dem Namen des Collectives bezeichnet, und die erst die Vereinigung der Strahlen zu einem umgekehrten Luftbilde zu Stande bringt. Dieses umgekehrte Bild, welches grösser ist, als das Object, weil es weiter

vom hinteren Knotenpunkte entfernt ist, als das Object vom vorderen Knotenpunkte, wird noch einmal durch eine Lupe, durch die eigentliche Ocularlinse, vergrössert und so angesehen. Das zusammengesetzte Mikroskop ist also ein astronomisches Fernrohr von sehr kurzer Brennweite, und das astronomische Fernrohr ist ein Mikroskop, dessen Objectiv eine sehr grosse Brennweite hat.

Die weiteren Verbesserungen und Vervollkommnungen des Mikroskops haben sich einerseits darauf bezogen, dass man die Objectivlinsen des Mikroskops achromatisch gemacht hat, indem man Flintglaslinsen mit Crownglaslinsen combinirte, und andererseits bestanden sie darin, dass man die sogenannten aplanatischen Combinationen einführte und verbesserte, das heisst, dass man Linsencombinationen zusammenstellte, bei welchen durch die Art der Zusammenordnung die sphärische Aberration, die Abweichung wegen der Kugelgestalt der Oberflächen, auf ein möglichst kleines Maass zurückgeführt wurde.

In neuerer Zeit ist noch ein wesentlicher Fortschritt gemacht worden. Amici liess die unterste Objectivlinse in Flüssigkeit eintauchen, sie nicht mehr durch Luft, sondern durch eine tropfbare Flüssigkeit von dem Objecte getrennt sein. Es werden hierdurch wesentliche Vortheile erzielt, indem zwei sehr starke Reflexionen, die gerade bei starken Vergrösserungen nachtheilig wirken, die Reflexion der Strahlen beim Austritte aus dem Deckglase und beim Eintritte in die erste Objectivlinse, in viel schwächere Reflexionen verwandelt werden, da statt der Luft ein stärker brechendes Medium zwischen Deckglas und Objectivlinse eingeschoben wurde, was natürlich auch einen entsprechenden Einfluss auf die beiden gleichzeitig mit den Reflexionen stattfindenden Brechungen ausübte. Amici wendete zu diesem Zwecke Oel oder Wasser an, Oel weil es einen höheren Brechungsindex hat, Wasser weil es sich bequemer anwenden lässt. Der allgemeine Usus hat sich für Wasser entschieden, weil das Oel das Arbeiten sehr erschwert. Wir bringen bei den starken Vergrösserungen, bei unseren sogenannten Immersionssystemen oder Tauchlinsen, die namentlich durch die Anstrengungen von Hartnak zu immer grösserer und grösserer Vollkommenheit gebracht worden sind, einen Wassertropfen unten auf die Objectivlinse und schrauben sie dann herunter, so dass dieser Wassertropfen auch das Deckglas benetzt. Auf diese Weise sind Vergrösserungen erzielt worden von einer Vortrefflichkeit und Lichtstärke, wie sie früher niemals erreicht wurden.

Galilei'sches Fernrohr und Chevalier's Lupe.

Ausser dem astronomischen Fernrohre gibt es noch ein anderes, das sogenannte Galilei'sche Fernrohr. Galilei ist aber nicht der eigentliche Erfinder desselben. Der eigentliche Erfinder ist ein holländischer Brillenmacher, Hans Lippershey. Sehr bald nach ihm erfand es selbstständig ein zweiter Holländer, Metius; Galilei hörte nun von den Wirkungen dieser Fernröhre, ohne ihre Construction zu kennen, und fand dann diese selbstständig.

Wir haben schon früher gesehen, dass wir uns durch ein sehr dickes convex-concaves Brillenglas deutliche Bilder verschaffen können, indem wir die Strahlen zusammenbrechen und dann durch die hintere

Oberfläche wieder divergirend herausgehen lassen, so dass sie jetzt auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen. Wir haben das damals nur für Kurzsichtige angewendet: dasselbe Princip lässt sich aber für jedes Auge anwenden. Hierauf beruht ein kleines Instrument, welches man mit dem Namen des Steinheil'schen Conus zu bezeichnen pflegt. Es entsteht, wenn man sich eine jener dicken convex-concaven Glaslinsen in der Axe noch mehr verlängert denkt, es ist ein Glaskegel, der vorn eine convexe und hinten eine concave Fläche hat. Die Strahlen werden in demselben zusammengebrochen und werden durch die hintere Fläche so divergirend gemacht, dass sie in das Auge hineingelangen, wie Strahlen, die aus der Entfernung des deutlichen Sehens zum Auge gelangt sind. Dies ist nun auch das Princip des Galilei'schen Fernrohrs, nur mit dem Unterschiede, dass der Conus mit seinen beiden Flächen in zwei Gläser zerlegt ist, in eine Sammellinse, durch welche die Strahlen, die von dem entfernten Gegenstande kommen, convergirend gemacht werden, und eine Zerstreuungslinse, durch welche sie so weit divergirend gemacht werden, dass sie in der Ebene der Netzhaut zur Vereinigung kommen. Man kann bekanntlich die Divergenz der hier austretenden Strahlen und somit die Einstellung eines solchen Fernrohres für die Nähe und für die Ferne damit reguliren, dass man die Zerstreuungslinse von der Sammellinse entfernt oder derselben nähert. Da die beiden Linsen mit dem optischen Apparate des Auges ein System bilden, in welchem der hintere Knotenpunkt viel weiter nach vorn liegt, als im Auge allein, so gibt eine solche Combination ein vergrössertes Bild. Während das Galilei'sche Fernrohr für astronomische Zwecke nicht mehr in Gebrauch ist, dient es uns noch allgemein unter der Form des Operngückers.

Es liegt nun nicht im Principe des Galilei'schen Fernrohres, dass man es nur für grosse Entfernungen anwenden könnte. Wenn man die Brennweite des Objectives verkürzt, kann man es auch für geringere Entfernungen benützen. Die Brennweite wird dadurch verkürzt, dass man statt einer Sammellinse zwei nimmt. Nun werden Strahlen, die von verhältnissmässig nahe liegenden Gegenständen kommen, durch diese beiden Linsen so weit convergirend gemacht, dass sie, durch die Zerstreuungslinse wieder divergirend gemacht, so austreten, dass sie sich auf der Netzhaut vereinigen. Dann erhält man wieder ein vergrössertes Bild. Diese Lupe, die nach dem Principe des Galilei'schen Fernrohres construirt ist, hat vor der gewöhnlichen einen wesentlichen Vortheil, den, dass sie einen viel grösseren Objectabstand gibt. Bei der gewöhnlichen Lupe muss man sich dem Gegenstande sehr nähern, bei dieser Lupe ist das nicht nöthig. Eine solche Lupe dient also erstens zu anatomischen Präparationen, um Objecte zu untersuchen, die sich unter Wasser befinden, zur Untersuchung von Hautkranken, zur Untersuchung der Iris und dergleichen mehr, kurz überall, wo man sich nicht so unmittelbar den Gegenständen nähern kann oder will, wie dies bei der gewöhnlichen Lupe nothwendig ist. Sie wurde von Chevalier erfunden, kam aber wieder in Vergessenheit, so dass erst, als sie von neuem erfunden und in Gebrauch gekommen war, Harting in seinem Werke über das Mikroskop nachwies, dass sie Chevalier bereits bekannt gewesen.

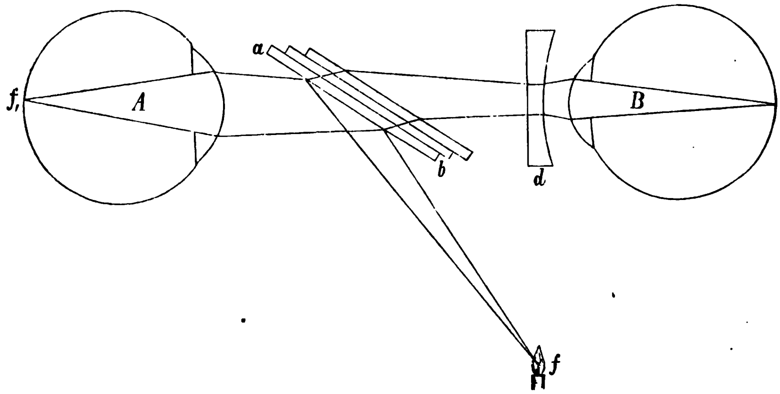
Die Augenspiegel.

Wir haben also gesehen, dass man sich deutliche Netzhautbilder verschaffen kann, erstens von Gegenständen, die zu klein sind, als dass man sie deutlich sehen könnte, und zweitens von Gegenständen, die zu entfernt sind, um ein hinreichend grosses Netzhautbild zu geben. Wir können uns jetzt noch die Frage vorlegen: Wie können wir in das Auge eines Andern hineinsehen? Wenn wir das Auge eines Andern ansehen, so sehen wir bekanntlich durch die Pupille einen schwarzen Grund, aber wir sehen nichts auf diesem Grunde. Das hat zweierlei Ursachen. Erstens sehen wir nichts auf diesem Grunde, weil die Netzhaut mit ihren Gefässen und die Chorioidea, die wir sehen sollten, nicht in der Entfernung des deutlichen Sehens sind, und zweitens sehen wir nichts, weil der Augengrund nicht hinreichend beleuchtet ist. Die Beleuchtung können wir uns verschaffen. Es wird keineswegs alles Licht im Auge absorbirt; es ist bekannt, dass die Augen derjenigen Thiere, die ein Tapetum haben, wie die Hunde und die Katzen, angeblich im Dunklen leuchten. Sie leuchten aber nicht im Ganzdunklen, sondern sie geben nur von einer Lichtquelle so viel Licht zurück, dass sie im Theilweise-dunklen unter gewissen Umständen leuchtend erscheinen. Wenn zum Beispiel ein solches Thier irgendwo im dunklen Raume in einem Winkel sitzt, und man öffnet die Thür, und es fällt Licht durch dieselbe ein, so leuchtet das Auge dieses Thieres auf. Dies geschieht deshalb, weil die Strahlen, die aus dem Auge zurückkommen, dieselben Brechungen erleiden, wie die, welche in das Auge hineingelangten, und somit das Licht näherungsweise an denselben Ort zurückkehrt, von dem es ausgegangen ist. Stehe ich also in der offenen Thüre, so muss das Licht zu mir zurückkehren, und folglich muss ich das Auge des Thieres leuchtend sehen.

Auch aus dem Auge des Menschen kommt Licht zurück, wenn auch viel weniger, als von dem Auge dieser Thiere, weil er eben kein Tapetum hat, immerhin so viel, dass man auch das menschliche Auge unter passenden Umständen leuchtend sehen kann. Denken Sie sich das Auge eines Individuums und vor demselben eine Lichtflamme, so wird die Lichtflamme ein Bild auf die Netzhaut werfen, und die Strahlen, die zurückkommen, werden im Allgemeinen den Weg der eingetretenen Strahlen gehen. Wenn sich nun dem zu beobachtenden Auge gegenüber näherungsweise in einer Linie mit der Lichtflamme ein anderes befindet, und man verdeckt diesem die Lichtflamme, so wird ein Theil des Lichtes, das nicht genau denselben Weg zurückgelegt hat, in das beobachtende Auge gelangen, und dieses wird dann das beobachtete Auge leuchten sehen. Ich kann dies aber auch noch anders bewirken. Ich kann ein Planglas, $a\,b$ Fig. 46 schief aufstellen, und zur Seite davon eine Lichtquelle, dann wird das Licht von dem Planglase in das beobachtete Auge A reflectirt werden, es wird ein Flammenbild f, auf der Netzhaut entstehen; das Licht, das von diesem zurückkommt, geht durch das Planglas hindurch, und gelangt zum beobachtenden Auge, das sich hinter dem Planglase befindet. Ich kann auch mehrere Platten hintereinander legen, damit die Reflexion stärker wird, und eine grössere Menge Lichtes

in das beobachtete und somit auch aus demselben in das beobachtende Auge *B* gelangt. Dies war die Beleuchtung, welche Helmholtz, der Erfinder des Augenspiegels, angewendet hat, und welche in der beistehenden Figur dargestellt ist. Nachdem er so das Innere des Auges beleuchtet hatte, handelte es sich darum, wie er sich ein deutliches Bild von den

Fig. 46.

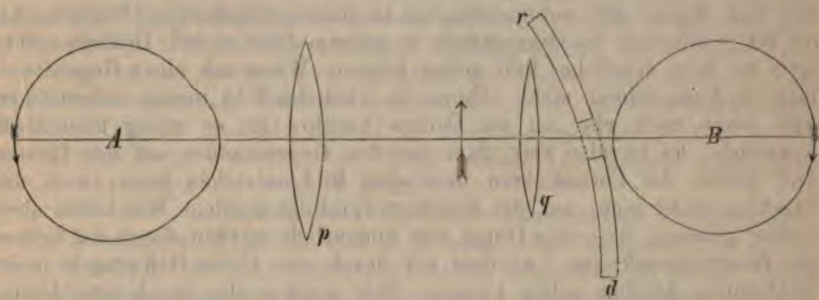


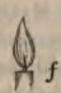
Gegenständen verschaffte, welche nun beleuchtet im Grunde des Auges zu sehen waren. Denken Sie sich, das beobachtete und das beobachtende Auge seien beide für die unendliche Ferne eingestellt, so sehen Sie leicht ein, dass die Strahlen, die aus dem ersten Auge parallel herauskommen, auf der Netzhaut des andern zur Vereinigung kommen. Zwei Normalaugen, die beide für die unendliche Ferne eingestellt sind, können also das eine auf dem Grunde des andern deutlich sehen. Nun stellt sich aber ein Normalauge dem Beobachter gegenüber niemals für die unendliche Ferne, sondern immer auf eine endliche Ferne ein, so dass also die Strahlen aus Normalaugen und noch mehr aus kurzsichtigen Augen convergirend herauskommen. Ich kann also mit meinem blossen Auge, unter der Voraussetzung, dass es ein Normalauge sei, nur im Grunde des Auges eines Hypermetropen, der überhaupt auf keine endliche Ferne accommodirt, deutlich sehen. — Sobald das beobachtete Auge anfängt für eine endliche Entfernung zu accommodiren, kommen die Strahlen convergirend heraus: ich muss also eine Correctionslinse, eine Zerstreuungslinse *d* Fig. 46 zwischen mein Auge und das beobachtete einschalten. Dergleichen Correctionslinsen sind nun im Helmholtz'schen Augenspiegel in drehbaren Scheiben angebracht, so dass sie einzeln oder zu zweien vor das Auge gelegt werden können. Dieser Augenspiegel ist also nach dem Principe des Galilei'schen Fernrohres construirt. Die Strahlen kommen aus dem Auge convergirend, wie aus dem Objective eines Galilei'schen Fernrohres, sie werden durch eine Zerstreuungslinse so weit divergirend gemacht, dass sie sich auf der Netzhaut des beobachtenden Auges vereinigen.

Als der Helmholtz'sche Augenspiegel bekannt wurde, sagte sich der verstorbene Augenarzt Ruete: Wenn ich nach dem Principe des

Galilei'schen Fernrohres auf dem Grunde des Auges deutlich sehen kann, dann muss ich auch nach dem Principe des astronomischen Fernrohres auf dem Grunde des Auges deutlich sehen können, und construirte nach diesem Principe einen zweiten Augenspiegel. Denken Sie sich, die Strahlen kommen aus dem Auge *A* Fig. 47 parallel oder schwach con-

Fig. 47.





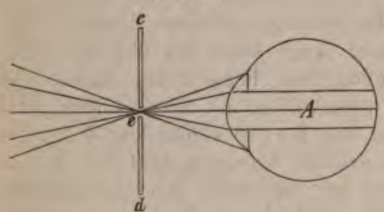
vergirend heraus, und ich bringe vor dasselbe eine Sammellinse *p*, so werden die Strahlen zusammengebrochen werden, und es wird von dem Netzhautbilde ein umgekehrtes Luftbild (siehe den Pfeil) entworfen werden. Dieses sehe ich durch eine Sammellinse *q* an, welche ich als Ocular vor mein Auge lege. Durch Abändern der Entfernung zwischen diesen beiden Sammellinsen oder ihrer Entfernung vom Auge kann ich mir also ähnlich, wie beim Einstellen eines astronomischen Fernrohres, immer ein deutliches Bild vom Grunde des Auges verschaffen. Es handelt sich jetzt nur darum: Wie beleuchte ich? Dazu hat Ruete folgenden Weg eingeschlagen. Er nimmt einen ziemlich grossen Concavspiegel *dr*, der in der Mitte von einem Loche durchbrochen ist, und stellt demselben gegenüber eine Lichtquelle *f* auf. Das Licht wird durch den Concavspiegel in das Auge *A* reflectirt, und durch die Oeffnung, die in der Mitte des Spiegels angebracht ist, kann dasselbe von dem Auge *B* beobachtet werden. Diese beiden Augenspiegel sind die Vorfahren aller Augenspiegel, die seitdem in grosser Anzahl erfunden worden sind. Die Augenspiegel lassen sich nur immer nach einem von den beiden Principien erfinden, die Ausführung aber lässt sich in mannigfacher Weise variiren. Man kann z. B. einen solchen durchbrochenen Spiegel als Mittel zur Beleuchtung nehmen, und kann das beobachtende Auge mit einer Zerstreuungslinse corrigiren, die vor oder hinter dem Loche des Spiegels angebracht ist. Dann hat man das optische Princip vom Helmholtz'schen Spiegel hergenommen, die Beleuchtung aber nach Ruete eingerichtet. Man kann ferner, wie Hasner gethan hat, Zerstreuungslinsen auf der planen oder convexen Seite mit Spiegelfolie belegen und diese in der Mitte wegnehmen, so dass man hier hindurchsehen kann, und somit

diese foliirte Linse als Beleuchtungsapparat und zugleich als Correctionslinse verwenden.

Die Beobachtung von Gegenständen im eigenen Auge.

Wenn ich die Gegenstände im Auge eines Andern untersuchen kann, so kann ich vielleicht auch die Gegenstände in meinem eigenen Auge sehen. Das Sehen von Gegenständen im eigenen Auge bezeichnet man mit dem Namen der entommatischen Gesichtswahrnehmung. Warum sehe ich für gewöhnlich die Gegenstände in meinem Auge nicht? Deshalb nicht, weil sie kein deutliches Bild geben können. Wenn ich einen Gegenstand meinem Auge immer mehr nähere, so wird das Bild immer undeutlicher und lange noch ehe ich die Cornea berühre ist es völlig undeutlich geworden. Es ist also klar, dass von den Gegenständen auf der Cornea und hinter der Cornea kein deutliches Bild entstehen kann, weil die Strahlen nicht mehr auf der Netzhaut vereinigt werden. Wir haben aber früher gesehen, dass alle Dinge nur undeutlich werden durch die Grösse der Zerstreuungskreise, und dass wir durch eine kleine Oeffnung in jeder Entfernung deutlich sehen können. Wir werden also durch eine kleine Oeffnung vielleicht Gegenstände deutlich sehen können, die sich ganz nahe unserem Auge befinden, ja die sogar in unserem Auge selbst sind. Das ist in der That der Fall. Wir sehen nicht nur Dinge, die jenseits der Oeffnung liegen, deutlich, sondern auch solche, die diesseits derselben liegen. Denken Sie sich, Sie sehen durch einen Metallschirm, der mit einer ganz kleinen Oeffnung versehen ist, und versuchen mit den Augen zu blinzeln, so würden Sie in demselben Augenblicke, wo Sie das obere Augenlid herabsenken, von unten lange, starke, schwarze Schatten heraufkommen sehen, wie die Schatten von Binsen, die im Wasser wachsen. Das geht folgendermassen zu. Denken Sie sich A sei Ihr Auge, und vor demselben befinde sich, wir wollen der Einfachheit halber annehmen im vorderen Brennpunkte, also einen halben Augendurchmesser von dem Scheitel der Cornea entfernt, ein Schirm $c\,d$ mit einer kleinen Oeffnung e. Dann gehen alle Strahlen, die zu dem Auge gelangen konnten, so zu ihm, als ob sie von einem Punkte, von dieser Oeffnung, ausgingen. Dergleichen Licht, das von einem Punkte ausgeht, bezeichnet man mit dem Namen des homocentrischen Lichtes. Wenn sich nun eine Cilie in diesen Lichtkegel herabsenkt, so wird sie von diesem Lichtkegel eine Reihe von Strahlen auffangen und diese werden nicht wie die übrigen parallel im Glaskörper verlaufenden zur Netzhaut kommen. Es werden also die Cilien einen Schatten werfen in dem homocentrischen Lichte, und dieser Schatten wird sich auf die Netzhaut projiciren. Er befindet sich aber auf der Netzhaut über dem Horizonte, er muss also im Sehfelde umgekehrt, unter den Horizont versetzt werden. Es ist also klar, dass, wenn man das obere Augenlid herabsenkt, und die Cilien in diesen Kegel hineintreten, die

Fig. 48.



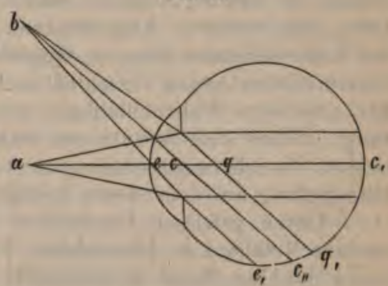
Schatten derselben unten erscheinen werden, und das sind eben diese binsenartigen Gebilde.

Wodurch ist hierbei das Sehfeld begrenzt? Wenn Sie durch ein solches Loch hindurchsehen und bringen dasselbe dem Auge immer näher, so wird es immer grösser, und Sie glauben deshalb auch, es sei dieses runde Sehfeld noch immer von dem Rande des Loches begrenzt. Der Schirm befindet sich aber Ihrem Auge so nahe, dass Sie von dem Rande des Loches kein deutliches Bild haben können. Die Grenze dieses hellen Sehfeldes wird durch etwas ganz anderes gebildet, nämlich durch den Pupillarrand der Iris. Die Iris schneidet von dem Lichte, das im Auge fortschreitet, um zur Netzhaut zu gelangen, ein ringförmiges Stück ab, sie wirft einen schwarzen Schatten auf die Netzhaut: nur das Licht, das durch die Pupille eingeht, erhellt die Netzhaut und bringt eben dieses kreisförmige Sehfeld zu Stande. Wenn deshalb die Pupille nicht rund ist, so ist es auch das Sehfeld nicht.

Man kann im homocentrischen Lichte Rauhigkeiten auf der Hornhaut wahrnehmen. Wenn Sie sich z. B. zuerst das Gesichtsfeld in dieser Weise ansehen, und Sie sehen es wiederum an, nachdem Sie das Auge gerieben haben, so werden Sie eigenthümliche, wellenförmige Schattirungen im Sehfelde bemerken, die von den Rauhigkeiten auf der Hornhaut herrühren, die Sie durch das Reiben erzeugt haben. Wenn Thränen über die Hornhaut fliessen, so sehen Sie dies in dem Sehfelde, nur so, dass die Bewegung des Schatten gebenden Körpers von unten nach oben stattzufinden scheint. Es können auch Gegenstände im Glaskörper und in der Linse gesehen werden.

Wir haben aber auch ein Mittel, annähernd den Ort der Binnenobjecte im Auge zu bestimmen. Denken Sie sich, Sie hätten einen Punkt *c* Fig. 49 in der Ebene der Pupille und in der Mitte derselben, der einen Schatten wirft; so wird dieser Schatten in $c_{,}$ liegen, also in der Mitte des Sehfeldes. Denken Sie sich weiter, Sie hätten das Centrum des homocentrischen Lichtes, also die Oeffnung im Schirme, von *a* nach *b* hin bewegt, so wird der Schatten in $c_{,,}$ und, da das Sehfeld durch den Rand der Iris begrenzt ist, der in derselben Weise wandert, wie der Schatten von $c_{,}$ noch immer in der Mitte des Sehfeldes liegen; er wird also seinen Ort im Sehfelde behalten.

Fig. 49.



Also Objecte, deren Schatten beim Bewegen des Schirmes ihren Ort im Sehfelde behalten, liegen in der Ebene der Pupille. Denken Sie sich aber, der Gegenstand hätte nahe dem Scheitel der Hornhaut bei *e* gelegen, und ich hätte nun den Schirm verschoben, so wird der Schatten nun nicht mehr in der Mitte des Sehfeldes erscheinen, wie vor der Verschiebung des Schirmes, sondern er wird nach Verschiebung des Schirmes nach $e_{,}$ fallen. Er hat sich also auf der Retina im entgegengesetzten Sinne, also im Sehfelde im gleichen Sinne mit dem Loche im Schirme bewegt. Gegenstände also, die sich bei Bewegung des Schirmes im Sehfelde gleichsinnig

mit der Bewegung des Schirmes verschieben, liegen vor der Ebene der Pupille. Wir nehmen nun an, ein Gegenstand hätte in der Axe gelegen hinter der Ebene der Pupille und zwar bei q, so würde, nachdem der Schirm verschoben ist, sein Schatten in $q_{,}$ liegen; er würde sich in entgegengesetzter Richtung bewegt haben von der des früheren Schattenbildes. Er würde auf der Netzhaut in gleicher Richtung, im Sehfelde in entgegengesetzter mit der Bewegung des Schirmes sich verschoben haben. Gegenstände, die sich mit der Bewegung des Schirmes in entgegengesetzter Richtung im Sehfelde verschieben, liegen hinter der Ebene der Pupille, und um so mehr, je stärker sie sich verschieben. Gegenstände endlich, welche schon deutliche Schattenbilder geben, wenn man gegen einen hellen Grund sieht, das sind Gegenstände, die sehr nahe der Netzhaut liegen, denn sonst könnten sie bei einer solchen Oeffnung, wie sie die Pupille darbietet, nicht schon sichtbare Schatten werfen. Solche Schattenbilder sind z. B. die so häufigen sogenannten Perlschnurspectra.

Das homocentrische Licht, das man zum Sehen dieser entommatischen Gegenstände braucht, kann auch noch auf andere Art hergestellt werden. Es kann hergestellt werden durch das Sonnenbild, das von einer Thermometerkugel oder einer andern kleinen, glänzenden Kugel reflectirt wird. Es kann hergestellt werden dadurch, dass ich nach einer entfernten Gasflamme durch eine Sammellinse sehe und mir von derselben ein verkleinertes umgekehrtes reelles Bild verschaffe. Es kann endlich dadurch hervorgebracht werden, dass ich durch eine starke Concavlinse nach einer entfernten Gasflamme sehe und mir dadurch ein aufrechtes virtuelles Bild von der Gasflamme verschaffe, dessen Ort sich hinreichend nahe vor dem Auge befindet. Alle diese Arten haben aber keinen Vortheil vor dem Schirme mit der kleinen Oeffnung der, wenn man über einen hinreichend hellen Grund disponirt, das beste Mittel ist, um die Gegenstände im eigenen Auge zu sehen. Man sieht Gegenstände in der Hornhaut, der vorderen Augenkammer, Gegenstände, die mit der Structur der Linse zusammenhängen, Gegenstände im Glaskörper. Das ist nach den verschiedenen Augen verschieden. Heutzutage, wo man den Augenspiegel hat, sind diese Wahrnehmungen von keiner besonderen praktischen Bedeutung: früher aber konnte ein intelligenter Patient durch die entommatischen Gesichtswahrnehmungen Aufschlüsse über Dinge in seinem Auge verschaffen, die dem Arzte unzugänglich waren.

Unter gewissen Umständen ist es uns auch möglich die Gefässe unserer Netzhaut zu beobachten. Purkinje fand zuerst, dass wenn er in einen dunklen Raum hineinstarrte und dann im indirecten Sehen eine Lichtquelle z. B. eine Lampe hielt und sie hin und her bewegte, dass dann nach einiger Zeit immer deutlicher und deutlicher ein Gefässbaum ihm vor dem Auge erschien, der offenbar nichts anderes war, als der Baum der Netzhautgefässe. Es ist das die Erscheinung, welche man mit dem Namen der Purkinje'schen Aderfigur bezeichnet. Diese ist später von Heinrich Müller auch noch auf andere Weise hervorgebracht worden. Warum sehen wir die Aderfigur nicht immer, da die Gefässe doch unmittelbar auf der Netzhaut liegen und also immer ihren Schatten auf dieselbe werfen müssen? Die Antwort lautet, wir sehen sie deshalb nicht, weil für gewöhnlich der Schatten immer an dieselbe Stelle fällt, und wir

eben nur Veränderungen an unserer Netzhaut wahrnehmen, das Bleibende aber für uns ein für alle Male verborgen ist. So bemerken wir auch den blinden Fleck für gewöhnlich nicht, welcher durch die Eintrittsstelle des Sehnerven gegeben ist. Wenn nun aber im Auge irgendwo eine Lichtquelle gebildet wird, vermöge welcher die Netzhautgefässe ihren Schatten auf einen andern, auf einen ungewöhnlichen Ort werfen, dann sehen wir den Baum der Netzhautgefässe. Das geschieht beim Purkinje'schen Versuche in der Weise, dass, wenn man eine Lichtquelle im indirecten Sehen anbringt, diese auf der sonst dunklen Netzhaut irgendwo seitlich ein Flammenbild hervorbringt; von diesem geht Licht nach allen Seiten aus, und in diesem werfen die Netzhautgefässe einen Schatten am ungewöhnlichen Orte. Dieser Schatten ist es, welchen wir als Purkinje'sche Aderfigur bezeichnen.

Heinrich Müller hat dieses Flammenbild, das als Beleuchtung dienen soll, an Ort und Stelle dadurch hervorgebracht, dass er eine Sammellinse neben dem Auge aufstellte und die Strahlen einer Lichtquelle durch diese Sammellinse auf einen Punkt der Sclerotica concentrirte, so dass sie durch die Sclera und die Chorioidea hindurchgingen und auf der Netzhaut einen Lichtpunkt bildeten, von dem aus sie wieder divergirten, und so einen anomalen, sichtbaren Gefässschatten hervorriefen. Auf diese Weise kann die Purkinje'sche Aderfigur noch deutlicher zur Erscheinung gebracht werden, als nach dem Verfahren, welches Purkinje selbst eingeschlagen hatte.

Heinrich Müller hat zugleich diesen Versuch benützt, um eine wichtige Thatsache zu eruiren, die Thatsache, dass die Netzhautelemente, die als erste Angriffspunkte für das Licht dienen, nicht an der vorderen, sondern an der hinteren Fläche der Netzhaut liegen. Wir haben schon gesehen, dass die Figur deutlicher wird, wenn die Lichtquelle sich bewegt. Heinrich Müller hat seine Lichtquelle durch Hin- und Herschieben der Linse bewegt und bemerkt, dass sich dann auch die Aderfigur im Sehfelde bewegte. Nun sehen Sie leicht, dass das nicht wohl möglich wäre, wenn der Angriffspunkt für das Licht ganz vorne auf der Netzhaut liegen würde, da, wo die Gefässe selbst liegen. Wenn ich ein solches Gefäss einmal von der einen, das andere Mal von der andern Seite beleuchte, so wird dadurch die Lage des Schlagschattens in einer Ebene, die mit der, in der das Gefäss selbst liegt, nahezu zusammenfällt, nicht merklich verändert. Wenn aber die auffangende Fläche für den Schlagschatten weiter nach hinten liegt, dann fällt bei Beleuchtung von verschiedenen Seiten auch der Schlagschatten an verschiedene Orte derselben, er muss sich also auf ihr verschieben, wenn die Lichtquelle bewegt wird. Heinrich Müller mass nun die Verschiebung der Lichtquelle und zugleich auch die Verschiebung, die die Aderfigur im Sehfelde erlitt, und berechnete daraus, wie weit die auffangende Fläche hinter den Gefässen liegen müsse. Er kam zu dem Resultate, dass die auffangende Fläche in der hintersten Schichte der Netzhaut, also in der Stäbchenzapfenschichte, liegen müsse.

Der Gefässbaum ist uns für gewöhnlich nicht sichtbar, weil er sich ruhend an einem und demselben Orte befindet und seinen Schatten immer an einen und denselben Ort wirft; aber die sich bewegenden Theile, die Blutkörperchen, sind uns unter Umständen schon mit freiem Auge

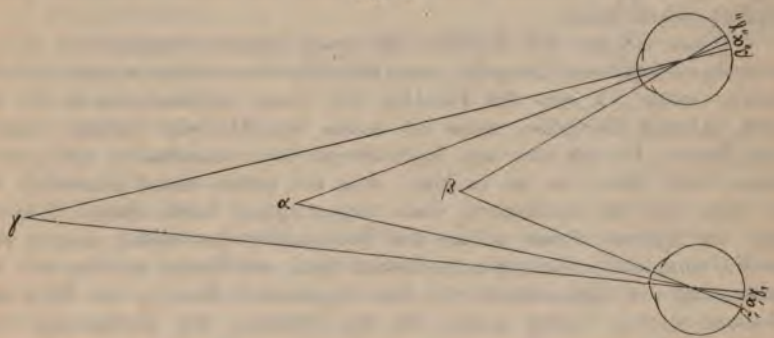
sichtbar. Wenn wir gegen einen sehr hellen Grund, z. B. gegen den hell beleuchteten Himmel sehen, so dass die Pupille sehr enge wird, dann sehen wir im Sehfelde eine Menge heller Punkte, die sich in einer gewissen Reihenfolge, mit einer gewissen Regelmässigkeit und in gewissen Richtungen bewegen. Wenn wir diese Punkte längere Zeit beobachten, so können wir kaum bezweifeln, dass dieselben dem optischen Effecte der Blutkörperchen in den Netzhautgefässen ihren Ursprung verdanken. Sie sind Schlagschatten im physikalischen Sinne des Wortes, aber man muss dabei berücksichtigen, dass Schlagschatten in Folge der Refraction und der Diffraction nicht überall dunkler sind als der Grund, auf dem sie sich abzeichnen.

Binoculäres Sehen.

Durch das binoculäre Sehen, durch das gleichzeitige Auffassen mit beiden Augen, wird es möglich, dass Fehler und Unvollkommenheiten des einen Auges bis zu einem gewissen Grade durch das andere Auge ausgeglichen werden. Ferner beruhen auf dem binoculären Sehen zum guten Theile unsere Vorstellungen von der Körperlichkeit der Dinge und im Zusammenhange damit auch die Vorstellungen von der Entfernung der Dinge von uns. Wenn wir einen Gegenstand deutlich sehen wollen, so suchen wir ihn in beiden Augen im sogenannten Centrum retinae, im Grunde der Fovea centralis retinae, abzubilden. Wir suchen also eine gedachte gerade Linie auf ihn zu richten, welche durch den zwischen den Knotenpunkten liegend gedachten Kreuzungspunkt der Sehstrahlen und durch das Centrum retinae hindurchgeht. Diese Linie nennen wir die Gesichtslinie. Die Gesichtslinie ist also von allen Sehstrahlen, das heisst von allen geraden Verbindungslinien zwischen Bild und Object, diejenige, welche das Centrum retinae im Grunde der Fovea centralis trifft. Einen Punkt im Sehfelde, auf den eine Gesichtslinie gerichtet ist, nennen wir einen Blickpunkt, und einen Punkt, auf den beide Gesichtslinien gerichtet sind, an dem also zwei Blickpunkte in einen zusammengefallen sind, bezeichnen wir mit dem Namen des Fixationspunktes, wir sagen von diesem Punkte, er sei in der Fixation. Die Stellen der Bilder der Blickpunkte, die ja in beiden Augen in den Grund der Fovea centralis, in das sogenannte Centrum retinae fallen, sind identische Stellen, d. h. ihre Eindrücke werden nicht doppelt, sondern einfach empfunden, indem wir deren Ursachen für beide Augen an einen und denselben Ort des Sehraumes versetzen. Das fixirte Object wird also einfach gesehen. Denken Sie sich der Punkt α sei der Fixationspunkt, so wird dieser in beiden Augen in der Fovea centralis retinae abgebildet und zwar in $\alpha_,$ und $\alpha_{,,}$. Wir sprechen hier zunächst nur von Augen, die eine normale Fixation haben, wir nehmen aus die schielenden, bei denen entweder ein Auge fest steht, oder doch nur Bewegungen in beschränkter Ausdehnung macht, oder bei denen das zweite Auge zwar dem ersten in seinen Bewegungen folgt, aber so, dass keine Fixation zu Stande kommt, dass der angesehene Punkt nicht in beiden Augen, sondern nur in einem Auge im Grunde der Fovea centralis retinae abgebildet wird. Denken Sie sich nun, es wäre diesseits von α ein zweiter Punkt β, und Sie zögen von ihm durch den Kreuzungspunkt

der Sehstrahlen zur Netzhaut hin eine Gerade, um sein Bild zu finden, so wird er in dem einen Auge in $\beta_{,,}$ im andern Auge in $\gamma_{,,}$ abgebildet werden. Er wird also in beiden Augen nach der Schläfenseite hin abgebildet werden. Das eine Auge muss ihn also im Sehfelde nach links vom fixirten Punkte versetzen, das andere Auge muss ihn nach rechts davon versetzen. Es ist also klar, dass dieser Punkt Doppelbilder geben muss, und zwar sogenannte gekreuzte Doppelbilder, indem, wenn ich das rechte Auge schliesse, das zur linken Hand liegende Doppelbild verschwindet, und, wenn ich das linke Auge schliesse, das zur rechten Hand liegende Doppelbild verschwindet. Denke ich mir umgekehrt, ich

Fig. 50.



hätte einen Punkt γ, der jenseits von α liegt, so wird dieser Punkt, wenn ich von ihm eine Gerade durch den Kreuzungspunkt der Sehstrahlen ziehe, in dem einen Auge in $\gamma_{,}$, in dem andern in $\beta_{,,,}$ in jedem nach der Nasenseite hin, abgebildet. Das rechte Auge muss ihn also nach rechts von dem fixirten Punkte verlegen, und das linke nach links von dem fixirten Punkte. Ich kann also auch diesen Punkt nicht einfach sehen, sondern ich muss ihn doppelt sehen, und zwar habe ich hier sogenannte gleichsinnige Doppelbilder, indem, wenn ich das rechte Auge schliesse, das rechte Doppelbild verschwindet, und, wenn ich das linke Auge schliesse, das linke Doppelbild verschwindet.

Die Doppelbilder werden im Allgemeinen weniger deutlich gesehen als die einfachen Bilder von Gegenständen, die in der Gegend des Fixationspunktes liegen: erstens, weil jedes Doppelbild nur auf einer Netzhaut abgebildet wird, und auf der andern Netzhaut an der betreffenden Stelle etwas anderes abgebildet ist, zweitens, weil die Doppelbilder im indirecten Sehen liegen, und endlich drittens, weil das Auge für die Entfernung der Gegenstände, welche Doppelbilder geben, in der Regel nicht eingestellt ist. Für gewöhnlich und bei der Mehrzahl der Individuen stellt sich das Auge für die Entfernung ein, in welcher sie fixiren, es müssen also sowohl die Gegenstände diesseits als jenseits weniger deutliche Bilder geben. Dies letztere kann allerdings mitunter nicht der Fall sein. Es kann z. B. ein Kurzsichtiger einen ferneren Gegenstand fixiren, er kann mit der Fixation über seine Sehweite hinausgehen, so dass er zwar den Gegenstand noch einfach, aber nicht mehr deutlich

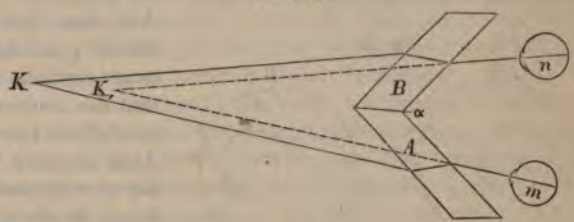
sieht: dann kann er von einem Gegenstande, der diesseits liegt, und für welchen sein Auge besser accommodirt ist, als für den fixirten, Doppelbilder haben, die nun reiner contourirt sind, als das Bild des fixirten Gegenstandes selbst. Im Allgemeinen aber folgt, wie gesagt, die Accommodation der Fixation, so dass die Accommodation sich für dieselbe Entfernung anpasst, für welche sich die Convergenz der Gesichtslinien einrichtet, das heisst für die Entfernung, in der die Gesichtslinien beider Augen einander treffen. Es hat daher seine Schwierigkeiten, und man erlangt es erst durch Uebung, die Convergenz der Sehaxen bis zu einem gewissen Grade von der Accommodation unabhängig zu machen, so dass man z. B. seine Gesichtslinien in einem verhältnissmässig nahe liegenden Punkte kreuzen und dabei doch an einer entfernten Wand deutlich sehen kann.

Wenn ich aus der Fixation für einen näheren Gegenstand in die für einen entfernteren übergehe, muss ich meine Gesichtslinien mehr parallel stellen, wenn ich aus der Fixation für einen entfernteren in die für einen näheren übergehe, muss ich meine Gesichtslinien stärker convergiren lassen. Da ich dies nun fortwährend beim Anschauen der körperlichen Welt thue, so ist es klar, dass ich hierin einen Maassstab für die Nähe und die Entfernung eines Gegenstandes habe. Schon Kepler sagt, die Linien, durch welche die Drehpunkte der beiden Augen verbunden sind, seien die trigonometrische Basis, auf Grund welcher wir die Entfernung der Gegenstände von uns abschätzen. Dass in der That das Zusammenwirken beider Augen für das Schätzen der Entfernung von Wichtigkeit ist, das sieht man an den Einäugigen. Diese schätzen freilich Entfernungen ganz gut da, wo ihnen äussere Hülfsmittel, die Gegenstände, die sich zwischen ihnen und einem bestimmten Objecte befinden u. s. w., zu Hülfe kommen: wenn sie aber dieser Hülfsmittel bar sind, und wenn zugleich die Entfernungsunterschiede nicht gross genug sind, damit sie ihnen an der Accommodation, an der Einstellung ihres Auges, fühlbar werden, dann sind sie im hohen Grade unsicher. Ich weiss von einem einäugigen Maler, der in der Anschauung und Reproduction der Objecte durchaus nicht behindert war, da ja alle Bilder so gemalt werden, als ob die dargestellten Dinge mit einem Auge gesehen wären, der aber, wenn er malen wollte, wenn er seinen Pinsel auf die Leinwand bringen wollte, nicht den Zeitpunkt wusste, in dem der Pinsel die Leinwand berührte. Er musste sich ihr mit einer gewissen Vorsicht nähern, und erst, wenn der Pinsel auf der Leinwand angelangt war, konnte er ruhig weiter malen. Wenn man Jemandem ein Auge zuhält und ihm dann eine nach der Fläche gekrümmte Scheere vorhält, so räth er nicht selten falsch, wenn man ihn fragt, ob ihm die concave oder die convexe Seite zugekehrt sei: lässt man ihn dies aber mit beiden Augen beurtheilen, so räth er nicht falsch, weil er aus dem Zusammenwirken beider Augen sieht, ob ihm das Schloss oder die Spitze der Scheere näher ist.

Rollet hat einen Apparat construirt, der in recht auffälliger Weise zeigt, wie wir je nach der Convergenz unserer Sehaxen die Entfernung schätzen. In einem Gestelle befinden sich zwei dicke planparallele Prismen A und B aus Glas. Diese sind so gegeneinander gestellt, dass sie mit einander einen rechten Winkel einschliessen. Wenn nun dem Punkte K

die Spitze des Winkels zugekehrt ist, so machen die Strahlen um zu den Augen *m* und *n* zu gelangen einen Weg, wie er in Fig. 51 dargestellt ist. Sie gelangen also zum Auge, als ob sie von dem näherliegenden Punkte $K_,$ ausgegangen wären. An einem Drahte befinden sich nun in *K* übereinander zwei ganz gleiche Holzschienen, die an demselben so angebracht sind, dass die eine durch die Prismen, die andere gleichzeitig mit freien Augen gesehen werden kann. Dann erscheint die, welche durch die Prismen gesehen wird, näher und kleiner als die andere. Nun kehrt man die Prismen um, so dass der Winkel gegen das Object hin offen und gegen das Gesicht des Beobachters geschlossen ist. Dann erscheint umgekehrt die durch die Prismen gesehene Schiene grösser und entfernter als die andere. Dass jedesmal die Schiene, die uns entfernter erscheint, sich als die grössere darstellt, beruht darauf, dass unser Urtheil über die Grösse eines gesehenen Objects auf Grundlage der Grösse des Netzhautbildes und der Entfernung, welche wir dem Objecte zuschreiben, gefällt wird.

Fig. 51.



Wenn wir also in der Convergenz unserer Sehaxen eine Grundlage für das Schätzen der Entfernungen haben, so muss ja damit auch unsere ganze räumliche Vorstellung und das ganze körperliche Sehen überhaupt zusammenhängen. Dies ist auch in der That der Fall. Diese Grundlage verliert aber immer mehr an Sicherheit, je grösser die Entfernung wird, weil zuletzt unsere trigonometrische Basis für die zu messende Entfernung zu klein wird, und darum sind wir später, um ein Urtheil über die Entfernung abzugeben, auf andere Dinge angewiesen, auf die sogenannte Luftperspective, auf die scheinbare Grösse bekannter Gegenstände, auf die Menge der Gegenstände, welche sich zwischen uns und den Gegenständen befinden, deren Entfernung wir schätzen. Es stellt sich dabei heraus, dass wir, je mehr uns unser erstes Hülfsmittel und diese weiteren Hülfsmittel im Stiche lassen, um so mehr die Entfernung unterschätzen, niemals überschätzen. Wenn man eine entfernte Gebirgskette ansieht, wenn Sie z. B. auf die hohe Warte gehen und die kleinen Karpathen ansehen, so erscheint es, als ob diese Berge steil anstiegen, während sie in der That schwach geneigte Abhänge haben. Wenn Sie Gebirgsketten hintereinander aufsteigen sehen, so erscheinen sie, auch wenn sie meilenweit von einander entfernt sind, coulissenartig hinter einander aufgestellt zu sein. Erst wenn Sie sich ihnen nähern, so sehen Sie, dass sie mit verhältnissmässig sanften Abdachungen ansteigen, dass weite Thäler zwischen ihnen liegen, kurz, dass Sie grosse Entfernungen in auffälligster Weise unterschätzt haben, weil Ihnen eben die gewöhnlichen Mittel abhanden gekommen sind, vermöge welcher wir Entfernungen schätzen.

Stereoskope.

Mit diesem körperlichen Sehen, damit, dass wir die Entfernung der Gegenstände nach der Convergenz unserer Sehaxen bemessen, hängt ein Instrument zusammen, welches von dem englischen Physiker Wheatstone in seiner ersten Gestalt erfunden wurde, das Stereoskop. Das ursprüngliche Wheatstone'sche Stereoskop besteht aus zwei Spiegeln, welche unter nahezu rechtem Winkel aneinander gelegt sind, und aus zwei seitlichen Laden, in welchen perspectivische Zeichnungen eines und desselben Gegenstandes eingeschoben werden, aber perspectivische Zeichnungen der Art, dass das eine Mal der Gegenstand gezeichnet ist, wie er mit dem rechten Auge gesehen wird, und das andere Mal der Gegenstand gezeichnet ist, wie er mit dem linken Auge gesehen wird. Wenn man nun die eine Zeichnung, die für das rechte Auge, an die rechte, und die für das linke Auge an die linke Seite legt; so entstehen Spiegelbilder, die im Sehfelde übereinander fallen, und aus diesen Spiegelbildern entsteht uns das Relief des Körpers, wir glauben den Körper selbst vor uns zu sehen.

Fig. 52.

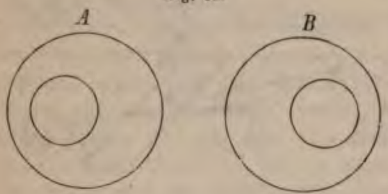
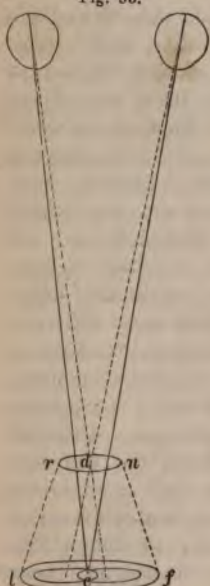


Fig. 53.



Wir wollen mit einem recht einfachen Gegenstande beginnen. Denken Sie sich, Sie hätten einen abgestumpften Kegel, und Sie bringen ihn der Nasenwurzel gegenüber ziemlich nahe vor die Augen, so wird er jedem der beiden Augen als aus zwei Kreisen bestehend erscheinen, einem grösseren, der der Basis entspricht, und einem kleineren, der der Abstumpfungsfläche entspricht. Diese Abstumpfungsfläche wird aber für beide Augen nach verschiedenen Seiten aus dem Centrum gerückt sein. Nun denken Sie sich zwei entsprechende Zeichnungen, *A* und *B*, Fig. 52, eine für das rechte und die andere für das linke Auge ins Stereoskop gelegt, so fallen ihre Spiegelbilder, wie in *l c f* Fig. 53 im Sehfelde übereinander. Denken Sie sich weiter, Ihre Gesichtslinien convergirten zunächst für den Punkt *c* so, dass die beiden grossen Kreise auf identischen Stellen der Netzhäute abgebildet würden, und im Sehfelde in den hier perspectivisch gezeichneten Kreis *l f* zusammenfielen: dann bildet sich der kleine Kreis in den beiden Augen auf verschiedenen, auf nicht identischen Stellen der Netzhäute ab. Sie müssen, um ihn einfach zu sehen, Ihre Gesichtslinien convergiren lassen für einen näheren Punkt, für *d*, und die Folge davon ist, dass Sie die Entfernung dieser beiden, jetzt in einen zusammenfallenden Kreise geringer schätzen als sie ist. Es schiebt sich der kleinere einfach gesehene Kreis

vor den grösseren, es ist als ob er in *r n* läge, und ich habe dadurch das Bild eines abgestumpften Kegels *l r n f* im Relief. Wenn wir gefragt werden, warum wir denn hiebei über die Doppelbilder hinwegsehen und eben nur die einfachen Gesichtseindrücke wahrnehmen, so lautet die Antwort darauf, dass wir das immer thun: denn wir sehen ja, wenn wir die Aussenwelt ansehen, viel mehr Doppelbilder als einfache Bilder, und nichtsdestoweniger nehmen wir von diesen nichts wahr. Wir nehmen nur die einfachen Gesichtseindrücke wahr, und es bedarf einer besonderen Anstrengung, einer besonderen Ueberlegung, um die Doppelbilder wahrzunehmen, zum Bewusstsein zu bringen. Wenn ich die Doppelbilder wahrnehmen will, dann muss ich erst einen Punkt ganz fest fixiren, so dass meine Gesichtslinien fest in ihm vereinigt sind, und nun muss ich mir erst geflissentlich die entstehenden Doppelbilder zur Anschauung bringen. Gerade dasselbe geschieht auch hier im Stereoskop. Wenn ich meine Gesichtslinien fest und dauernd für eine bestimmte Entfernung einstelle, so fällt das Relief in zwei Flachbilder auseinander. Manchmal sieht man im ersten Augenblicke, wenn man in das Instrument hineinsieht, die Doppelbilder, aber meistens nach verhältnissmässig kurzer Zeit vereinigen sie sich vollständig miteinander. Wir sehen also beim ruhigen stereoskopischen Sehen gerade so, wie beim Sehen der körperlichen Dinge der Aussenwelt mit schwankenden Sehaxen, das heisst, wir gehen bald aus einer näheren Fixation in eine entferntere und umgekehrt über und sehen also die verschiedenen Theile der Zeichnung nacheinander einfach. Aus den veränderlichen, aus den wandernden Bildern auf unseren Netzhäuten entsteht für uns die Vorstellung des Körperlichen, des Vertieften und des Erhabenen.

Dieser Anschauung steht anscheinend eine vielfach bestätigte Thatsache entgegen. Dove hat gezeigt, dass man Gegenstände auch stereoskopisch sieht in einem so kurzen Zeitraume, dass in diesem gar kein merkliches Schwanken der Sehaxen stattfinden kann. Wir wissen, dass der electrische Funke eine sehr kurze Zeit dauert, dass ein sich drehender Farbenkreisel, der durch denselben beleuchtet wird, stillzustehen scheint. Man kann also sicher sagen, dass die Gesichtslinien keine merkliche Bewegung während der Dauer des electrischen Funkens machen können, und doch erblickt man, wenn man in das Stereoskop hineinsieht, beim Lichte des electrischen Funkens die Gegenstände, wenn nicht immer, doch häufig noch körperlich. Diese Beobachtung steht anscheinend nicht in Uebereinstimmung mit der Vorstellung, die wir uns bis jetzt gemacht haben, mit der, dass wir die näheren Gegenstände dadurch einfach sehen, dass wir die Gesichtslinien stark convergiren lassen, dass wir sie dann für die entfernteren weniger stark convergiren lassen, und dass hieraus uns die Idee von der dritten Dimension, von der Tiefe des Raumes erwächst. Die Sache ist aber folgende. Eine Gesichtswahrnehmung muss, um vorgestellt zu werden, zu einem bestimmten concreten Abschluss gelangen. Das Gehirn übernimmt es, das, was an dem unmittelbaren Sinneseindruck mangelhaft ist, zu ergänzen. Wir könnten nach dem momentanen Sinneseindrucke erst einmal die Doppelbilder sehen, welche thatsächlich diesen momentanen Sinneseindruck darstellen. Ueber Doppelbilder aber sind wir unser ganzes Leben lang gewöhnt hinwegzusehen, die nehmen wir nur mit Schwierigkeit wahr, wir müssen

erst einen bestimmten Punkt fixiren, damit uns die übrigen Punkte, die näher oder ferner liegen, in Doppelbilder auseinanderweichen. Dass der momentane Gesichtseindruck den Erfolg haben wird, die Doppelbilder zur Anschauung zu bringen, ist also keineswegs wahrscheinlich, und in der That hat er auch diesen Erfolg nur bei einzelnen Individuen oder unter gewissen künstlich hergestellten Bedingungen, die dem Erscheinen von Doppelbildern besonders günstig sind. Welch' andern kann er dann haben? Er kann den Anstoss zu einer räumlichen Vorstellung geben, gerade so, wie, wenn wir die Augen öffnen und die Dinge um uns im ersten Momente erblicken, wir auch nur den ersten Anstoss zu der räumlichen Vorstellung haben und diese dann erst weiter vervollständigen. In unserem Gehirne gehen die Dinge, wie in einem Kaleidoskop. Wenn der erste Anstoss erfolgt ist, wenn die Dinge ins Rutschen gekommen sind, so muss immer eine in sich abgeschlossene Figur entstehen, und eben diese ist hier die Vorstellung vom Relief. Es geben daher schon die beiden perspectivischen Ansichten, die wir von dem Körper bekommen, dadurch dass wir ihn mit dem rechten und zugleich auch mit dem linken Auge ansehen, das Materiale für die ganze räumliche Vorstellung ab, und das Schwanken der Sehaxen ist nicht absolut nothwendig, um sie zum Bewusstsein zu bringen. Man darf sich dies nicht so vorstellen, als ob man aus den beiden perspectivischen Flachbildern das Relief abstrahire, denn das würde voraussetzen, dass diese Flachbilder als solche wahrgenommen werden, was thatsächlich nicht der Fall ist. Man muss sich vorstellen, dass die beiden Bilder im Gehirn den Anstoss zu einer Reihe von Vorgängen geben, die denen analog sind, welche beim dauernden Anschauen des Körperlichen statthaben.

Hiermit hängt es auch zusammen, dass wir den Eindruck des Körperlichen viel weniger entschieden und energisch bei momentaner Beleuchtung eines Gegenstandes haben, als wir ihn bei dauerndem Ansehen desselben Gegenstandes erhalten. Wenn wir ein Zimmer mit den Gegenständen, die darin sind, mittelst eines electrischen Funkens beleuchten, so sehen wir alle Dinge im Zimmer, wir sehen sie qualitativ nicht anders, als wie wir sie sonst sehen, wir sehen sie nicht etwa in Doppelbildern, weil wir keine Zeit haben, solche zu entwickeln. Es erwächst uns die allgemeine Vorstellung von den körperlichen Dingen, wie sie im Zimmer verbreitet sind, aber sie erwächst uns nicht mit der Vollkommenheit, mit der Schärfe, mit welcher wir den Eindruck haben, wenn wir alle diese Gegenstände nach einander in Fixation bringen können. In derselben Weise unterscheidet sich das stereoskopische Sehen, das heisst das Sehen der Trugbilder im Stereoskop, bei momentaner Beleuchtung und bei dauernder. Wenn ich bei momentaner Beleuchtung in das Stereoskop sehe, so nehme ich meistens kein Doppelbild wahr, ich bringe die verschiedenen Ansichten, die beide Augen wahrnehmen, auch zu einem Körperlichen zusammen; aber dieses Körperliche hat etwas Schemenhaftes, es hat nicht die Bestimmtheit, welche es gewinnt, wenn man dauernd in das Stereoskop hineinsieht. Wenn man sich aufmerksam beobachtet, wird man bemerken, dass, wenn man im ersten Momente hineinblickt, die Vorstellung des Körperlichen auch nicht so scharf hervortritt, als nachdem man bereits kurze Zeit hineingesehen. Wenn man Zeit gehabt, die verschiedenen Theile der Bilder durch verschiedene Convergenz zur Deckung

zu bringen, dann vertieft sich das Ganze, dann bekommt man die volle Vorstellung von der Räumlichkeit der Objecte.

Damit, dass schon die beiden perspectivischen Ansichten, die die beiden Augen haben, an und für sich genügen, um in unserer Vorstellung das Körperliche aufzubauen, hängt es zusammen, dass wir, wie Hering gezeigt hat, den Eindruck des Räumlichen unter Umständen haben, wo wir dem Gegenstande auch bei dauernder Beleuchtung nicht mit der Convergenz unserer Sehaxen folgen können. Denken Sie sich, ich hielte einen Stab in einer gleichen Entfernung von beiden Augen und drehte ihn in der Medianebene so, dass sich mir das obere Ende nähert, das untere von mir entfernt, so werde ich diese drehende Bewegung wahrnehmen. Ich werde bemerken, dass sich das obere Ende des Stabes mir zudrehe, und dass das untere Ende des Stabes sich von mir entferne; und doch könnte ich ja nicht gleichzeitig meine Gesichtslinien stark convergiren lassen, um das nähere Ende des Stabes einfach zu sehen, und zu gleicher Zeit schwächer, um das entferntere Ende desselben einfach zu sehen. Hering hat im Stereoskop eine solche Bewegung als Scheinbewegung zu Stande gebracht, indem er die Bilder eines solchen Stabes in entsprechender Weise in den Bildebenen bewegte. Auch hier kommt derselbe Effect zu Stande, auch hier hat man die Scheinbewegungen, obgleich man thatsächlich nicht gleichzeitig das eine und gleichzeitig das andere Ende des Stabes hat zur Vereinigung bringen können.

Der Einfluss zweier verschiedener perspectivischer Ansichten macht sich auch geltend, wenn beide nach einander einem und demselben Auge dargeboten werden. Wenn man unter dem einfachen Mikroskope eine Gefässinjection betrachtet, so sieht man sie körperlich, das heisst so, wie man etwa auch ein gut gemaltes Bild körperlich sehen würde; aber der Eindruck des Körperlichen wächst und drängt sich uns mit unwiderstehlicher Gewalt auf, sobald wir das Auge hin und her bewegen und uns so nach einander verschiedene perspectivische Bilder der Injection verschaffen. Wir ziehen eben unbewusste Schlüsse aus allen Sinneseindrücken, aus welchen sie gezogen werden können, und die ganze Welt unserer Vorstellungen setzt sich aus solchen Schlüssen zusammen.

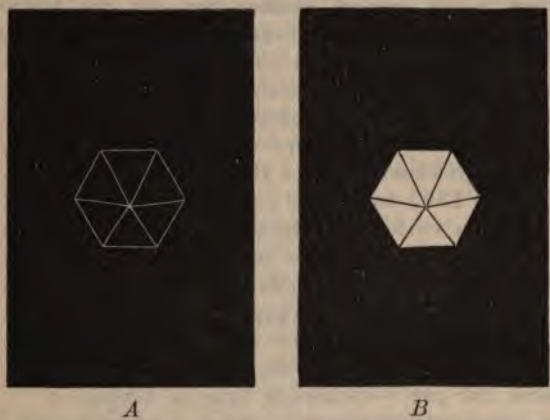
Es fragt sich nun, was geschieht, wenn ich beiden Augen Dinge darbiete, die sie überhaupt nicht zur Vereinigung bringen können. Wenn ich z. B. dem einen Auge im Stereoskope einen Kreis darbiete, in welchen ein *S* gezeichnet ist, und dem andern Auge einen Kreis, in welchen ein *T* gezeichnet ist? Dann werde ich freilich im gemeinsamen Sehfelde die beiden Kreise zur Deckung bringen, aber die beiden Buchstaben kann ich natürlich nicht in einen gemeinsamen Eindruck vereinigen. Nun entsteht der sogenannte Wettstreit der Sehfelder, man sieht momentan beide Buchtaben, aber schwächer gezeichnet als den umgebenden Kreis: dann verschwindet abwechselnd der eine und der andere, manchmal bricht auch der eine entzwei, dann der andere, so dass man von jedem derselben ein Stück sieht.

Was geschieht, wenn das eine Auge hell sieht da, wo das andere dunkel sieht. Dann hat man auch zwei Eindrücke, welche man nicht zur Vereinigung bringen kann. Nehmen wir an, ich hätte die beiden Bilder *A* und *B* Fig. 54. Die eine Pyramide hat schwarze Flächen und weisse Kanten, die andere hat weisse Flächen und schwarze Kanten.

Ich stecke beide in das Stereoskop, um sie zur Vereinigung zu bringen. Dann sehe ich eine graue Pyramide, die aber glänzt. Sie sieht aus, als sei sie aus Graphit geschnitten.

Es fragt sich, woher kommt hier der Eindruck des Glanzes? Der Eindruck des Glanzes stammt aus einem unbewussten Schlusse. Wenn ich einen matten Körper ansehe, so sind zwar die beiden Netzhautbilder in ihren Zeichnungen ungleich, aber sie sind insofern einander ganz ähnlich, dass überall, wo das eine Auge dunkel sieht, das andere Auge auch dunkel sieht, und wo das eine Auge hell sieht, auch das andere hell sieht. Anders verhält es sich bei glänzenden Gegenständen. Vermöge der Spiegelung werden hier Partien, die von dem einen Auge hell gesehen werden, von dem andern Auge dunkel gesehen und umgekehrt. Jetzt biete ich nun meinen Augen Bilder dar, durch welche das eine Auge gezwungen ist, da hell zu sehen, wo das andere dunkel sieht. Dann heisst es in mir: So etwas ist mir niemals passirt, wenn ich auf einen matten Gegenstand gesehen habe, so etwas ist mir nur passirt, wenn ich auf einen glänzenden Gegenstand gesehen habe, und folglich urtheile ich mittelst eines unbewussten Schlusses, dass der Körper, den ich unter dem Stereoskope sehe, glänze. Hierauf beruht es auch, dass in den stereoskopischen Bildern der wirkliche Glanz der Gegenstände wiedergegeben wird, mit einer Wahrheit, mit der ihn ein Flachbild niemals wiedergibt. Man hat stereoskopische Bilder italienischer Interieurs z. B. aus dem Vatican, in denen sich geschliffene Marmorsäulen und Fussböden befinden, die glänzen. Wenn man die stereoskopischen Bilder mit freiem Auge ansieht, so bemerkt man an ihnen nichts anderes, als an jeder anderen Photographie; wenn man sie aber in das Stereoskop hineinlegt, so erscheint der geschliffene Marmor wirklich glänzend, einfach deswegen, weil Licht und Schatten in den beiden stereoskopischen Bildern nicht gleichmässig vertheilt sind, und wir deshalb mit einem Auge an derselben Stelle dunkel sehen, an der wir mit dem andern hell sehen. Es wird also hier im Stereoskope die Vorstellung des Glanzes nach denselben Principien in uns erzeugt, wie sie durch das Anschauen der Gegenstände selbst erzeugt wird. Man hat sich dies zu Nutze gemacht, um eine Täuschung bei andern Interieurs hervorzubringen, in denen hängende Glaslustres dargestellt sind. Um die glänzenden Punkte der facettirten Gläser hervortreten zu lassen, hat man nur in einem stereoskopischen Bilde, die Lichtpunkte an denselben durchgeprickelt, so dass diese besonders hell sind, und

Fig. 54.



also an gewissen Stellen das eine Auge besonders hell, das andere dunkler sieht, und folglich wiederum die Vorstellung des Glanzes in uns wachgerufen wird. Auch wenn Sie farbige Zeichnungen auf farbigem Grunde durch farbige Gläser ansehen, können Sie sich dadurch die Vorstellung des Glanzes hervorrufen. Einen solchen Versuch hat Dove angegeben, von dem auch der früher erwähnte Glanzversuch herrührt. Er führte eine blaue Zeichnung auf rothem Grunde aus und sah sie an, indem er vor das eine Auge ein rothes und vor das andere ein blaues Glas setzte. Dabei erscheint durch das rothe Glas die blaue Zeichnung beinahe schwarz, der rothe Grund aber hell, während durch das blaue Glas der rothe Grund sehr dunkel und die blaue Zeichnung hell erscheint. Sieht man durch beide gleichzeitig, so scheint die ganze Figur zu glänzen.

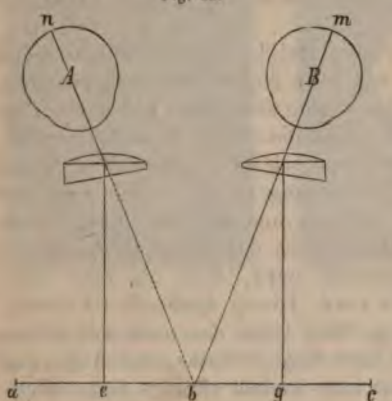
Was geschieht, wenn ich ohne grossen Helligkeitsunterschied beiden Augen verschiedene Farben darbiete? Ich kann dies im Stereoskope thun. Ich mache zwei Tafeln, die in der Weise farbig sind, dass jede ein rothes und ein blaues Feld hat, und auf der einen das rothe Feld breiter ist, als das blaue Feld, auf der andern das blaue breiter als das rothe. Wenn ich diese beiden im Stereoskope zur Vereinigung bringe, dann habe ich auf der einen Seite einen Streifen, der roth ist, und auf der andern Seite einen Streifen, der blau ist. In der Mitte muss das Resultat desjenigen Eindrucks sein, der dadurch hervorgebracht wird, dass das eine Auge von blau, das andere von roth getroffen wird. Dieser Eindruck ist violett. Die Farben kommen also zur Mischung. Man kann das noch auf andere Weise wahrnehmen. Man bringt ein blaues Glas vor das eine Auge und ein gelbes vor das andere Auge. Da hat man freilich anfangs einen Wettstreit der Sehfelder, man sieht bald blau, bald gelb. Wenn man aber einen bestimmten Punkt auf weissem Grunde fest fixirt, so verschwinden alle Farben, das Gelb und das Blau compensiren sich, und man hat blos den Eindruck, als ob man durch eine Rauchbrille sähe. Sobald man das eine oder das andere Auge schliesst, treten natürlich die Farben wieder hervor.

Also, zwei Farben, von welchen die eine das eine Auge, die andere das andere Auge trifft, bringen ihre Mischfarbe hervor, beziehungsweise, wenn es complementäre Farben sind, heben sie einander auf. Das ist ein Satz von grosser Tragweite, weil er von vorneherein alle physikalischen Erklärungen, alle Erklärungen nach dem Principe der Interferenz, für die Farbenmischung ausschliesst. Denn es ist klar, dass um Interferenz hervorzubringen, die Wellenzüge als solche auch wirklich zusammenkommen müssen. Wenn die Mischung auch hervorgebracht wird, indem die eine Farbe nur die eine Netzhaut, und die andere Farbe nur die andere Netzhaut trifft, so geht daraus mit Sicherheit hervor, dass die Farbenmischung kein physikalischer, sondern ein physiologischer Process ist.

Das Stereoskop selbst, das für die Theorie des binoculären Sehens so fruchtbar geworden ist, ist in seiner Construction wesentlich verändert worden, und zwar ist die jetzt gebräuchliche Construction von Brewster angegeben. Das Brewster'sche Stereoskop ist ein dioptrisches Stereoskop. Denken Sie sich, es lägen zwei stereoskopisch zu vereinigende Zeichnungen so vor Ihnen, dass die entsprechenden Punkte der Zeichnungen

keine grössere Entfernung von einander hätten, als die Drehpunkte Ihrer beiden Augen. Wenn Sie nun Ihre Gesichtslinien für die unendliche Ferne einstellen, und einen Schirm dazwischen bringen, so dass Sie mit dem einen Auge nur die eine, mit dem andern Auge die andere Zeichnung sehen, so müssten diese im Sehfelde zusammenfallen. Nun liegt es erstens nicht in Jedermanns Macht, seine Gesichtslinien willkürlich parallel zu stellen, und zweitens würde bei einem Versuche in dieser Gestalt auch die Ausdehnung der Zeichnungen sehr beschränkt sein. Wenn die correspondirenden Punkte einmal weiter von einander rückten, als die Drehpunkte unserer Augen von einander entfernt sind, so sollten wir unsere Gesichtslinien divergirend stellen, um sie zu vereinigen, und das können wir in der Regel nicht. Es gibt aber ein leichtes Hülfsmittel, um diese Zeichnungen, die nebeneinander liegen, im Sehfelde übereinander fallen zu lassen. Denken Sie sich *a e b* und *b g c* seien die Zeichnungen, denken Sie sich, *A* und *B* seien meine beiden Augen, und ich lege vor jedes Auge ein Prisma mit der brechenden Kante nach der Nasenseite hin, also umgekehrt von der Lage, in welche wir die prismatischen Gläser für unsere prismatischen Brillen bringen; so werden die Strahlen *e n* und *g m* in der Weise gebrochen werden, wie es die Figur 55 zeigt, *e* wird für das Auge *A* nach *b*, *g* wird für das Auge *B* auch nach *b* verschoben werden, und jetzt fallen die beiden Zeichnungen im Sehfelde übereinander. Jetzt kann ich mir die Zeichnungen noch vergrössern, indem ich mir auf jedes Prisma noch eine planconvexe Sammellinse klebe, wie dies in der Figur 55 dargestellt ist. Dann sehe ich diese beiden Bilder durch eine Lupe an. Nun kann ich aber von vorneherein, und das geschieht thatsächlich, zwei prismatische Sammelgläser schleifen und diese gleich benützen, erstens um die Zeichnungen zu vergrössern, zweitens um ihre Bilder in der Weise im Sehfelde zu verschieben, dass sie im Sehfelde übereinander fallen. Wenn Sie sich also denken, Sie nehmen aus einer Dissectionsbrille die Gläser heraus und drehen sie so herum, dass das, was in der Brille an der Schläfenseite war, jetzt an der Nasenseite liegt, so haben Sie Gläser, wie sie in das Brewster'sche Stereoskop hineingehören.

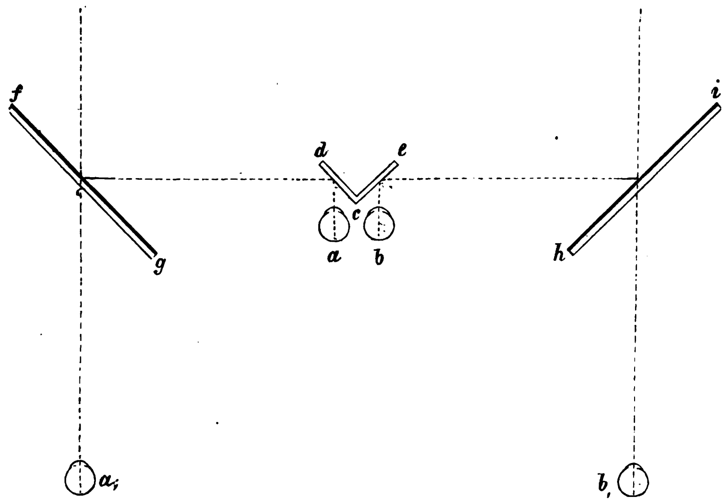
Fig. 55.



Helmholtz hat noch ein sogenanntes Telestereoskop construirt. Dieses besteht aus zwei Spiegeln, *c d* und *c e*, und aus zwei anderen Spiegeln *g f* und *h i*. Nun denken Sie sich *a* wäre das linke Auge und *b* das rechte, und ich sehe in diese Spiegel hinein, so werden sich entfernte Gegenstände durch doppelte Reflexion spiegeln. Das Auge *a* wird diese Gegenstände in derselben Weise sehen, wie das von ihm selbst durch doppelte Reflexion erzeugte Spiegelbild *a*, die Dinge sehen würde. Und das Auge *b* wird die Dinge sehen, wie sie sein durch doppelte Reflexion erzeugtes Spiegelbild *b*, sehen würde. Es ist also so, als ob

sich die beiden Augen viel weiter von einander entfernt, das eine in $a_{,,}$ das andere in $b_{,,}$ befänden. Die trigonometrische Basis, von welcher aus ich Entfernungen schätze, ist vergrössert, und ich sehe jetzt Gegenstände, die ich früher unter einem kleinen Convergenzwinkel der Gesichtslinien

Fig. 56.



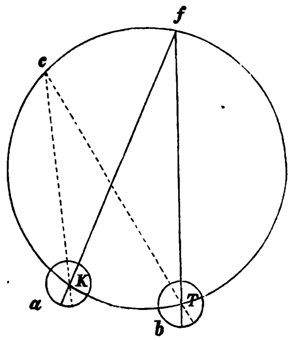
gesehen habe, unter einem viel grösseren. Ich werde daher entsprechend dem grösseren Convergenzwinkel der Gesichtslinien, die Gegenstände für viel näher halten. Ich werde, da ich sie für näher halte, sie auch für kleiner halten, und weil die Ungleichheit der Netzhautbilder in beiden Augen jetzt viel grösser ist, als wenn ich mit freiem Auge sehe, so werde ich auch die Tiefendimensionen viel besser beurtheilen können, als ich es früher gekonnt, indem viel grössere Veränderungen im Convergenzwinkel meiner Gesichtslinien nothwendig sind, um einmal einen ferneren und ein anderes Mal einen näheren Punkt in die Fixation zu bringen. Ich werde die Gegenstände sehen, als ob sie in kleinen, in zwerghaften Dimensionen ausgeführt und nahe vor mir wären.

Horopter.

Wir haben uns bis jetzt immer begnügt zu sagen: Wenn ein Gegenstand weiter von uns entfernt ist als der Fixationspunkt, wird er doppelt gesehen, und wenn ein Gegenstand näher ist als der Fixationspunkt, so wird er auch doppelt gesehen. Nun fragt es sich, welche Punkte zwischen den entfernteren und den näheren werden denn ausser dem Fixationspunkte einfach gesehen? Denken Sie sich, ich hätte in *a* mein linkes Auge und in *b* hätte ich das rechte; *f* sei der Fixationspunkt. Denke ich mir durch die Drehpunkte meiner beiden Augen und durch den Fixationspunkt einen Kreis, und untersuche ich, ob mir der Punkt c in demselben einfach oder doppelt erscheinen muss, so finde ich, dass ich

beide Augen um gleich viel Grade nach links wenden müsste, um ihn in die Fixation zu bekommen, denn $c K f$ und $c T f$ sind Peripheriewinkel auf demselben Bogen. Er wird also beiden Augen um gleichviel nach links von dem einfach gesehenen Fixationspunkte f und somit auch einfach erscheinen. Auf dieselbe Weise lässt sich für jeden anderen Punkt dieses Kreises darthun, dass er einfach gesehen werden muss. Der Kreis ist der Horopterkreis von Joh. Müller, indem wir mit dem Namen Horopter den Inbegriff der Punkte bezeichnen, die gleichzeitig einfach gesehen werden.

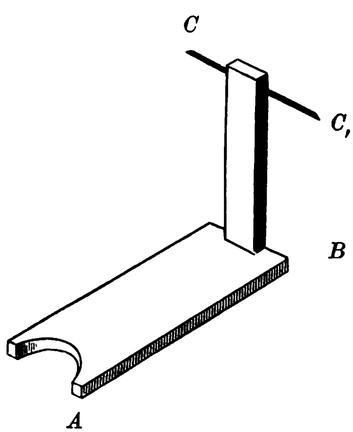
Fig. 57.



Nun denken Sie sich, ich hätte in f, eine senkrechte Linie aufgerichtet, wobei vorausgesetzt ist, dass f hier in der Medianebene liegen soll, die ich mir durch meinen Kopf hindurchgelegt denke. Dann wird wenn ich irgend einen Punkt dieser Linie betrachte, für beide Augen dieselbe Bewegung nach aufwärts oder dieselbe Bewegung nach abwärts nothwendig sein, um den Punkt in die Fixation zu bringen; er wird also für beide Augen senkrecht über, oder senkrecht unter dem Fixationspunkte liegen und für beide Augen gleich hoch über dem Fixationspunkte oder gleich tief unter ihm. Alle Punkte dieser Linie müssen somit von beiden Augen an einem und demselben Orte und somit einfach gesehen werden.

Nun haben aber die Untersuchungen von Helmholtz und von Hering gezeigt, dass dieser Horopter nur für einen speciellen Fall gilt. Diesen Fall müssen wir jetzt näher definiren. Es gibt für jedes Auge eine Lage, welche man die Primärlage nennt. An diese Lage knüpft sich ein wichtiges Gesetz über die Augenbewegungen, das von Listing aufgestellt wurde und nach ihm das Listing'sche Gesetz genannt wird. Dieses Gesetz sagt uns, dass, wenn ein Auge sich in der Primärlage befindet und in irgend eine andere Lage übergeht, es sich jedesmal um eine Axe dreht, welche auf einer Ebene senkrecht steht, die der alten Gesichtslinie und der neuen Gesichtslinie gemeinschaftlich ist, in der sowohl die alte als die neue Gesichtslinie liegt. Diese Primärlage des Auges lässt sich ermitteln, indem man auf einem Brettchen A B ein zweites Holzstück in der Weise befestigt, wie es Fig. 58 nach Helmholtz zeigt. Bei A wird auf beiden Seiten Siegellack aufgeträufelt, in das man, wenn es zu erhärten beginnt, die Zähne hineinbeisst, damit das Brettchen ein für alle Mal dieselbe

Fig. 58.



Lage gegen den Kopf des Beobachters behält. Nun bringt man an dem aufrechtstehenden Holzstücke den verschiebbaren Papierstreifen *C C,* an, der, je nachdem man kurzsichtig oder weitsichtig ist, näher oder weiter vom Auge entfernt sein muss. Dann blickt man nach einem entfernten Punkte und lässt die Doppelbilder dieses Papierstreifens so übereinander fallen, dass sie sich mit ihren Enden decken. Dann schneidet man so lange ab, bis die Enden der Bilder sich gerade berühren, und somit die Länge des Papierstreifens gerade der Entfernung der Drehpunkte der beiden Augen von einander gleich ist. Jetzt ist das Instrument zugerichtet und man kann darangehen die Primärstellung für die Augen aufzusuchen. Zu dem Ende befestigt man an einer entfernten Tapetenwand, an der horizontale und verticale Linien kenntlich sein müssen, einen lebhaft gefärbten horizontalen Streifen z. B. ein lebhaft gefärbtes Band, und blickt mit dem einen Auge an der Spitze *C,* vorbei, indem man zugleich das Band so lange fixirt, dass ein Nachbild entstehen muss. Nun lässt man das Auge nach aufwärts und nach abwärts blicken: es muss dann das Nachbild horizontal bleiben, und wenn man horizontal nach rechts oder nach links blickt, so muss man wieder ein horizontales Nachbild erhalten. Man verschiebt den Streifen *C C,* so lange bis dies erreicht ist, und nun ist die Primärstellung für das eine Auge gefunden und fixirt durch den Ort des Auges und den Ort von *C,,* durch den die Gesichtslinie in der Primärstellung hindurchgeht. In analoger Weise bestimmt man die Primärstellung des anderen Auges. Wenn ich mir durch die beiden Gesichtslinien in der Primärstellung eine Ebene gelegt denke, so habe ich die Visirebene, die Blickebene in der Primärlage. Nun haben Hering und Helmholtz gefunden, dass dieser Horopter, wie ich ihn früher auseinandergesetzt habe, nur für den Fall gilt, in dem die Visirebene in der Primärlage ist, und in dem zugleich der Fixationspunkt in der Medianebene liegt. Für alle andern Stellungen ändert sich dieser Horopter; er ist in seiner allgemeinsten Form die Durchschnittslinie zweier Oberflächen vom zweiten Grade, und man kann ihn sich auf einen Cylinder gezeichnet denken als eine Linie, die erst senkrecht, das heisst parallel der Cylinderaxe, nach abwärts geht, dann eine Biegung macht, um den ganzen Cylinder zu umkreisen, und dann wieder eine Biegung macht, um weiter senkrecht nach abwärts zu gehen. Der Kreishoropter mit der verticalen Linie ist nur ein specieller Fall des allgemeinen Horopters, der dadurch entsteht, dass die Schleife, mit der er den Cylinder umkreist, sich schliesst und so die aufsteigende und die absteigende Branche sich zu einer geraden Linie vereinigen.

Das Gehör.

So wie wir bei allen Erregungen des N. opticus immer Lichtempfindung hatten, so haben wir bei allen Erregungen des N. acusticus Gehörsempfindungen. Die gewöhnlichen Wahrnehmungen, welche demselben zukommen, sind Erschütterungen, die ihn in Gestalt von Schallwellen treffen. Aber auch alle andern wirksamen Erregungen rufen in ihm Gehörsempfindungen hervor. So kann der N. acusticus pathologisch

erregt sein. Am häufigsten geschieht dies in der Weise, dass man für kurze Zeit, manchmal auch für längere Zeit, sehr hohe Töne hört. Häufig auch so, dass man ein Sausen und Rauschen hört, wie das Sausen des Windes und das Brausen des Meeres, auch wohl wie entferntes Wagenrollen. Dieser Zustand kann permanent werden und so quälend, dass die davon Heimgesuchten in Melancholie verfallen.

Die Erregungen des N. acusticus können endlich auch vom Centralorgane ausgehen. Sie haben dann den Charakter von combinirten Erregungen, nicht nur von bestimmten Tönen, sondern auch von einer bestimmten Reihenfolge von Tönen oder Geräuschen, gewöhnlich von Worten, die gerufen oder gesprochen werden. Es sind dies Gehörshallucinationen, die den Irrenärzten nur zu bekannt sind, und deren erste Anfänge sie mit dem Namen des Stimmenhörens zu bezeichnen pflegen.

Die gewöhnlichen Erregungen aber, welche dem N. acusticus zukommen, sind, wie gesagt, Schallwellen, die ihm entweder durch die Luft oder durch feste Theile zugeleitet werden. Für gewöhnlich kommen uns zwar die Schallwellen durch die Luft zu, aber wir können sie auch eben so wirksam mit Ausschluss der Luft blos durch eine Kette von festen Theilen zuleiten. Wenn man eine Stimmgabel so schwach anschlägt, dass sie durch die Luft nicht hörbar ist, und sie dann auf den Kopf setzt, so hört man sie, indem die Schwingungen der Stimmgabel an die Kopfknochen und von da an das Gehörorgan und den N. acusticus übertragen werden. Es erwächst hieraus ein wichtiges diagnostisches und prognostisches Zeichen für den Arzt. Er will, wenn sich ihm ein Tauber vorstellt, wissen, ob bei demselben der Gehörnerv noch functionirt und das Hinderniss für das Hören nur im schallleitenden Apparate liegt, oder ob wirklich der N. acusticus nicht fähig ist, erregt zu werden. Zu diesem Zwecke schlägt er eine Stimmgabel an und setzt sie dem Kranken auf das Scheitelbein. Functionirt der N. acusticus noch, und liegt das Hinderniss nur im schallleitenden Apparate, so hört der Kranke die Stimmgabel. Auf diese Weise können uns sogar Klänge mit ausserordentlicher Intensität zugeführt werden. Ein bekanntes Spielwerk besteht darin, dass man einen silbernen Löffel oder einen eisernen Ladstock in einen Bindfaden einknüpft, die Enden des Bindfadens in die Ohren steckt und nun den Löffel oder den Ladstock gegen eine Wand anschlägt. Dann werden durch den Bindfaden die Schwingungen dem Ohre so mitgetheilt, dass man das stärkste Glockenläuten zu hören glaubt.

Die meisten Erregungen aber, diejenigen, welche uns hier zunächst beschäftigen, kommen dem N. acusticus von Schallwellen zu, die in der Luft fortgepflanzt werden. Wir müssen uns, ehe wir zur Lehre vom Hören übergehen, mit diesen Schallwellen und mit den Gesetzen, nach denen sie erregt und fortgepflanzt werden, einen Augenblick beschäftigen.

Wenn irgendwo die Luft durch einen plötzlichen Impuls, z. B. durch die Detonation einer Zündkapsel oder eines Kanonenschlages, erschüttert wird, so entsteht dadurch ein Schall. Es wird die Luft nach allen Seiten hingestossen, und es entsteht dadurch um die Schallquelle eine Kugelschale von verdichteter Luft. Die Bewegung pflanzt sich nach den Gesetzen des elastischen Stosses fort. Auf die Schichte verdichteter Luft folgt dann eine Schichte verdünnter Luft, und so schreiten eine

Verdichtungswelle und eine Verdünnungswelle hinter einander nach allen Seiten mit gleicher Geschwindigkeit fort und zwar bei der Temperatur von 0^0 mit einer Geschwindigkeit von 333 Metern in der Secunde.

Hieraus ergibt sich schon das Gesetz für den Schall, dass seine Intensität abnimmt mit dem wachsenden Quadrate der Entfernung. Das erklärt sich einfach folgendermassen. Durch die Schallquelle wird eine gewisse Summe lebendiger Kraft erzeugt: diese wird an die Luftschicht übertragen, welche die Schallquelle zunächst umgibt, hierauf an die nächste u. s. f. und da der Schall sich nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzt, bilden die Schallwellen immer Kugelschalen. Nun hängt aber die Intensität des Schalles von den lebendigen Kräften ab, welche in den einzelnen Molekülen thätig sind, und da die Summen der in Bewegung gesetzten Moleküle wie die Oberflächen der Kugelschalen, also wie die Quadrate der Radien, wachsen, so müssen die lebendigen Kräfte der einzelnen Moleküle in gleichem Masse abnehmen und mit ihnen die Intensität des Schalles.

Ich habe gesagt, dass die Moleküle nach allen Seiten hin gestossen werden, und dass dadurch die Schallwelle entsteht. Ich habe also angenommen, dass die Moleküle bei ihrer Schwingung sich in der Richtung bewegen, in welcher sich die Schallwellen fortpflanzen, nicht, wie bei dem Lichte, in einer Ebene senkrecht auf die Fortpflanzungsrichtung. Es sind also hiernach die Schallwellen Longitudinalwellen, und wenn wir sie graphisch darstellen, indem wir die Verdichtungswelle als einen Wellenberg und die Verdünnungswelle als ein Wellenthal darstellen, so tragen wir in den Ordinaten nicht die Verschiebung der Moleküle in ihrer wirklichen Lage auf, sondern wir tragen sie nur ihrer Grösse nach auf, senkrecht auf die wirkliche Richtung der Verschiebung. Wenn wir uns eine Verdichtungswelle und eine Verdünnungswelle vorstellen wollen, so müssen wir sie uns als eine Reihe von Punkten vorstellen, die von Strecke zu Strecke einander angenähert und von Strecke zu Strecke weiter von einander entfernt sind.

Wenn nun eine solche Welle an unser Ohr schlägt, so bringt sie einen Schall hervor: treffen mehrere Stösse in unregelmässiger Reihenfolge unseren Gehörsnerven, so entsteht das, was wir ein Geräusch nennen. Wenn aber eine Reihe von Stössen in periodischer Reihenfolge so rasch auf einander folgt, dass der Eindruck des ersten Stosses noch nicht erloschen ist, wenn schon der zweite kommt; so entsteht dadurch eine continuirliche Empfindung, welche wir mit dem Namen der Tonempfindung bezeichnen. Die Empfindung hoher Töne wird hervorgebracht durch Stösse, welche rasch aufeinander folgen, und die Empfindung tiefer Töne wird erzeugt durch Stösse, die langsamer aufeinander folgen. Da die Schallschwingungen sich nach den Gesetzen der Wellenbewegung fortpflanzen, so müssen sie natürlich auch nach den Gesetzen der Wellenbewegung reflectirt und nach den Gesetzen der Wellenbewegung gebrochen werden. Sie werden nach den Gesetzen der Wellenbewegung reflectirt, indem ein Schallstrahl, der auf eine feste Wand fällt, von derselben zurückgeworfen wird unter demselben Winkel, unter dem er eingefallen ist. Er wird aber nicht zurückgeworfen mit der ganzen Stärke, mit welcher er eingefallen ist, weil ein Theil der lebendigen Kraft der

Moleküle auf die Wand selbst übertragen wird. Mit dieser Zurückwerfung des Schalles unter demselben Winkel, unter dem er eingefallen ist, hängt bekanntermassen das Echo zusammen. Wir haben ein Echo, wenn wir uns in einer so bedeutenden Entfernung von einer ausgedehnten festen Wand befinden, dass der reflectirte Schall an unser Ohr gelangt, wenn schon der Eindruck des ursprünglichen Schalles erloschen ist. Durch mehrfache Reflexionen entsteht das mehrfache Echo. Es hängt mit der Reflexion aber auch die Störung zusammen, welche in grossen Räumen durch den Wiederhall entsteht, die Störung, die in grossen Räumen für Sprechende, z. B. für Kanzelredner in nicht acustisch gebauten Kirchen fühlbar ist, die Störung, welche entsteht in zu grossen und unzweckmässig angelegten Theatern und Concertsälen dadurch, dass die reflectirten Wellen und die ursprünglichen für den Hörenden zu weit auseinander fallen, so dass Unordnung in die Gehörswahrnehmungen kommt.

Durch die Reflexion des Schalles ist es möglich, die lebendige Kraft einer Schallwelle für einen entfernten Ort besser zusammen zu halten, als dies geschehen wäre, wenn man die Schallstrahlen nach allen Seiten sich hätte ausbreiten lassen. Wenn Sie z. B. in eine Röhre hineinsprechen, so wird von den Wänden der Röhre der Schall reflectirt, und die Schallwellen müssen sich der Röhre entlang bewegen. Nahezu die ganze lebendige Kraft wird auf Luftschichten von verhältnissmässig geringem Querschnitt übertragen, die sich in dieser Röhre befinden. Darauf beruhen die Sprachröhren, welche man in den Gebäuden anbringt, um sich von verschiedenen Räumen aus mit einander zu besprechen. Darauf beruhen auch die Hörrohre, die Schwerhörigen gegeben werden, damit sie mit ihrer Umgebung sich verständigen können. Dieselben haben sehr verschiedene Formen, die man ohne eigentliche theoretische Grundlage vielfach geändert hat. Das Wesentliche, allen Gemeinsame ist aber, dass sie ein verengertes Ende haben, welches in das Ohr eingesetzt wird, und ein trichterförmig erweitertes Ende, in welches der Sprechende hineinspricht. Hierauf endlich beruhen auch die Sprachrohre, deren man sich auf Schiffen bedient. Denken Sie sich, Sie hätten ein Paraboloid, und im Brennpunkte desselben befinde sich eine Schallquelle, so werden die Schallstrahlen, die von dem Brennpunkte ausgehen, alle in einer bestimmten Richtung, alle parallel der Axe des Paraboloids fortgeleitet werden. Denkt man sich nun das Paraboloid am Scheitel abgestutzt und an den Mund gesetzt, so wird man durch dasselbe die durch die Stimme erzeugten Schallwellen in bestimmter Richtung fortleiten können. Dasselbe leistet mehr oder weniger jeder trichterförmige Hohlkörper, der vor den Mund gesetzt wird. Die griechischen Schauspieler hatten derartige trichterförmige Vorrichtungen vor der Mundöffnung an ihren Masken, um der Stimme mehr Tragweite zu geben.

Nach den allgemeinen Gesetzen der Wellenbewegung müssen die Schallwellen auch zur Interferenz kommen. Die Interferenz kann man am besten an den Schwingungen, welche von einer Stimmgabel ausgehen, zeigen. Von einer schwingenden Stimmgabel gehen Stösse aus an der Fläche der Zinken und von dem Raume zwischen den Zinken, indem diese, wo sie gegen einander schwingen, die Luft verdichten und nach beiden Seiten hinausstossen. Sie sehen aber leicht ein, dass bei der

einen Art von Wellen die Verdichtungswelle gebildet wird, wenn die Zinken nach aussen schwingen, bei der andern Art von Wellen aber die Verdichtungswelle entsteht, wenn die Zinken nach innen schwingen. Die Folge davon ist, dass da, wo die Schallwellen übereinander fallen, Verdichtungswellen auf Verdünnungswellen und umgekehrt fallen müssen. Dieses Aufeinanderfallen muss stattfinden in den Diagonalen, welche ich mir durch die Stimmgabel hindurchgezogen denke, und es ergibt sich, dass in diesen Diagonalen keine Wellenbewegung stattfindet, dass hier die beiden Wellenbewegungen einander aufheben. Dass dem wirklich so sei, davon kann man sich überzeugen, wenn man die Schallschwingungen auf eine Luftmasse überträgt, die in einer Messinghohlkugel, in einem sogenannten Resonator enthalten ist. Wenn ich die schwingende Stimmgabel über demselben drehe, so lischt jedesmal der Ton aus, wenn eine Diagonale senkrecht auf die Oeffnung des Hohlkörpers zu stehen kommt.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn die beiden Wellensysteme nicht gleiche Schwingungsdauer haben, dann müssen periodische Abwechslungen kommen, in welchen einmal Wellenberg auf Wellenberg, das andere Mal Wellenberg auf Wellenthal fällt. Diese periodischen Abwechslungen zeigen sich in ihrer einfachsten Form als die sogenannten Schwebungen. Wenn zwei Töne miteinander erklingen und nur sehr wenig von einander verschieden sind, so sind natürlich die Perioden, während welcher der eine dem andern um eine halbe und um eine ganze Schwingung vorauseilt, sehr lang. Es soll also zuerst eine Periode kommen, wo Wellenberg auf Wellenberg fällt, da wird der Ton verstärkt, dann wird eine Periode kommen, wo Wellenberg auf Wellenthal fällt, da wird der Ton geschwächt u. s. w. Man hört also ein allmäliges Abschwellen und Anschwellen des Tones. Deshalb sagt der Musiker, es seien die beiden Töne um eine Schwebung von einander verschieden, das heisst, sie sind um ein so Geringes von einander verschieden, dass sich kein Combinationston bildet, sondern dass man nur ein allmäliges Anschwellen und Abschwellen des Tones hört.

Wir haben hier noch eine für die Theorie des Gehörs wichtige Frage zu erörtern, die Frage, ob und wie die Schallwellen verstärkt werden können.

Im eigentlichsten Sinne des Wortes kann ein Schall als Ganzes nicht verstärkt werden. Eine Schallursache gibt eine gewisse Summe von lebendiger Kraft: die kann ich nicht grösser und nicht kleiner machen, als sie ein für alle Mal ist, also den Schall als solchen kann ich nicht verstärken. Aber ich kann es so einrichten, dass von dieser lebendigen Kraft in der Zeiteinheit mehr an mein Ohr übertragen wird. Die Einrichtungen, welche man zu diesem Zwecke trifft, bezeichnet man als Verstärkungsmittel für den Schall. Ich kann auch durch einen momentanen Impuls als Schallursache einen Ton erzeugen, der einige Zeit dauert, oder ein Geräusch, und kann durch künstliche Vorrichtung bewirken, dass das tongebende Instrument die lebendige Kraft des einmaligen Impulses langsamer oder schneller verbraucht. Im letzteren Falle wird für jede einzelne Schwingung eine grössere lebendige Kraft disponibel sein; wenn ich es also so einrichte, dass von den lebendigen Kräften, die das tongebende Instrument verbraucht, das heisst abgibt,

möglichst viel an meine Gehörnerven übertragen wird, so ist auch dieser schnellere Verbrauch ein Mittel zur Verstärkung des Schalles.

Das einfachste Verstärkungsmittel für den Schall ist der Resonanzboden. Wenn ich eine Stimmgabel anschlage und in der Luft schwingen lasse, so wird sie bei einer gewissen Stärke des Anschlages kaum gehört werden. Stütze ich sie aber auf den Tisch auf, so hört man sie sogleich erklingen, weil der Tisch als Resonanzboden dient. Was geht hier vor? Wenn die Stimmgabel in der Luft schwingt, so kann sie wegen ihrer kleinen Dimensionen bei der einzelnen Schwingung nur eine sehr kleine Summe von lebendiger Kraft an die umgebende Luft übertragen: die Intensität des Schalles nimmt ab nach den Quadraten der wachsenden Entfernungen: es kommt also davon nur ein geringer Bruchtheil an meinen äusseren Gehörgang und mein Ohr. Wenn ich dagegen die Stimmgabel auf den Tisch setze, so überträgt sie ausser den lebendigen Kräften, die sie an die Luft überträgt, auch lebendige Kräfte auf die Tischplatte. In Folge davon fängt die Tischplatte an, mit ihr isochron zu schwingen und überträgt in derselben Periode wiederum mit ihrer ganzen Fläche lebendige Kräfte an die Luft, so dass jetzt eine viel grössere Menge von Bewegung in der Zeiteinheit übertragen wird und viel mehr davon zu meinem Ohre gelangt.

Es braucht gerade keine feste Platte zu sein, an welche die lebendige Kraft übertragen wird; es kann die lebendige Kraft auch an eine eingeschlossene Luftmasse übertragen, und dadurch der Schall verstärkt werden. Wenn ich z. B. eine Stimmgabel anschlage und halte sie über einen Cylinder, der bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt ist, so hört man die Stimmgabel deutlicher, als wenn ich sie in freier Luft halte. Das rührt daher, dass die Luft im Cylinder in sogenannte stehende Schwingungen versetzt worden ist. Denken Sie sich, die Höhe des Luftraumes in diesem Cylinder betrage den vierten Theil der Wellenlänge des Tones der Stimmgabel in der Luft, so wird durch die Stimmgabel, wenn sich deren Zinke aus der Gleichgewichtslage nach abwärts bewegt, die Luft im Cylinder heruntergestossen werden, dieser Stoss wird sich fortpflanzen bis an den Boden, da werden die Moleküle nicht ausweichen können, es wird sich nach den Gesetzen des elastischen Stosses der Stoss nach rückwärts fortpflanzen, und die Moleküle werden am Eingange des Cylinders von unten nach oben gestossen werden. Da hierüber aber die Zeit einer halben Schwingung vergangen ist, so wird das eben geschehen, wenn die Zinke der Stimmgabel nach aufwärts schwingt, also sich in derselben Bewegungsrichtung befindet, wie die Luft. Wenn die Luftmoleküle ihre Excursionen gemacht haben, wird die Stimmgabel wiederum nach abwärts schwingen und wird ihnen also in der Richtung, in welcher sie sich nach den Schwingungsgesetzen ohnehin bewegen sollten, jetzt wieder einen neuen Stoss versetzen, sie werden deshalb jetzt noch stärker aus ihrer Gleichgewichtslage herausweichen, als früher; unten wird wiederum der Impuls reflectirt werden, es wird wieder die Zeit einer halben Schwingungsdauer vergehen bis die rückgängige Bewegung an den Eingang des Cylinders gelangt, es wird dann noch die Zeit einer Viertelschwingung dauern, bis die Moleküle ihre Excursion nach Oben gemacht haben, sie werden, indem sie im Begriff sind umzukehren, einen neuen Stoss von der Stimmgabel bekommen und so fort. Mit jedem Stosse der

Stimmgabel wird die Ausweichung der Moleküle eine grössere werden, sie werden bis zu einer gewissen Grenze in immer stärkere Schwingungen versetzt, bei denen die Luftmoleküle periodisch nach abwärts gestossen werden und zurückschnellen, und dadurch die Luft in der Tiefe der Röhre abwechselnd verdichtet und verdünnt wird. Die lebendige Kraft dieser Schwingungen wird sich der umgebenden Luft und dem Glase mittheilen, und dadurch wird eben der Schall verstärkt werden. Die gasförmige elastische Masse leistet hier denselben Dienst, wie früher die feste elastische Platte.

Wir haben gesehen, dass es dazu nöthig ist, dass die Höhe des cylindrischen Hohlraumes gerade den vierten Theil einer Wellenlänge betrage. Wäre dieser Cylinder unten offen gewesen, dann würden auch Reflexionen erzeugt worden sein: aber dann würde man die günstigsten Bedingungen haben, wenn der Luftraum in dem Cylinder doppelt so lang, also halb so lang als die Tonwelle ist. Das hängt damit zusammen, dass dann die Reflexion an dem offenen Ende der Röhre stattfinden würde, an dem sich Luftmoleküle befinden, die leichter ausweichen, als diejenigen in der Röhre.

Wenn ich Schwingungen in einer gedeckten Röhre habe, so kann ich sie mir graphisch folgendermassen darstellen. *a b c d* soll der Längsschnitt der Röhre sein, *ef* die Axe der Röhre, die ich zugleich als Abscissenaxe benütze, auf welcher ich als Ordinaten die Ausweichungen der Luftmoleküle nach oben positiv, und die nach unten negativ auftrage. Dann habe ich hier immer die grösste Ausweichung am Ende und das Minimum der Ausweichung da, wo die feste Wand ist, wo also die Moleküle nicht oder doch nur sehr wenig ausweichen können. Hier ist also ein unmittelbar durch den Widerstand fester Theile gegebener Ruhepunkt. Wenn aber die Röhre offen ist, so sind die grössten Ausweichungen der Moleküle an beiden Enden und das Minimum der Ausweichung der Moleküle ist in der Mitte. Es entsteht also in der Mitte ein Knoten und die Schwingungen in der Röhre sind durch die nebenbezeichnete Figur 60 dargestellt. Die Reflexion geht in verschiedener Weise vor sich, je nachdem ein leichter ausweichendes Molekül auf ein schwerer ausweichendes, oder ein schwerer ausweichendes auf ein leichter ausweichendes Molekül stösst. Im letzteren Falle wird das Molekül fortgestossen, und erst wenn es zurückkommt, beginnt auch die rückgängige Bewegung in der Röhre. Darüber ist die Zeit einer halben Schwingungsdauer vergangen. Die Luft schwingt an beiden Enden isochron von aussen nach innen und von innen nach aussen, während sich in der Mitte ein Querschnitt befindet, in dem sie in Ruhe ist, indem sie nur abwechselnd verdichtet und verdünnt wird. So hat jeder Hohlkörper einen Ton, durch den die Luft in ihm in die stärksten und einfachsten Schwingungen versetzt wird, und man bedient sich deshalb nach Helmholtz' Vorgange solcher Hohlkörper, namentlich kugelförmiger, unter dem Namen der Resonatoren um einen bestimmten Ton, den Eigenton des Resonators, zu verstärken. Fig. 61 zeigt einen

Fig. 59.

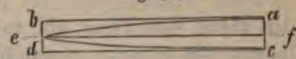
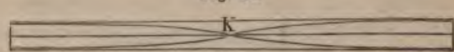


Fig. 60.



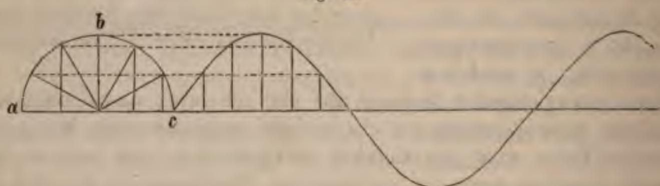
solchen Resonator, der einerseits dazu dient, eine auf seinen Ton abgestimmte Stimmgabel, die man über seiner Oeffnung hält, stärker hörbar zu machen, andererseits aber auch mit seinem verjüngten Ende ins Ohr gesetzt wird, um seinen Eigenton in einer Klangmasse zu verstärken und dadurch kenntlich zu machen.

Fig. 61.



Wir haben gesehen, dass, wenn Impulse, die unser Ohr treffen, in unregelmässiger Reihenfolge auf einander folgen, ein Geräusch entsteht, dass aber, wenn dieselben regelmässig, periodisch auf einander folgen, ein Ton entsteht. Wir haben ferner gesehen, dass die Töne verschieden sind durch ihre Höhe und durch ihre Stärke. Wir unterscheiden aber noch eine andere Verschiedenheit an den Tönen, die sich auf die Qualität derselben bezieht. Wir können z. B. den Ton einer Geige nicht mit dem Tone einer Flöte verwechseln, und wir können auch die Töne von verschiedenen Menschenstimmen mit Leichtigkeit von einander unterscheiden. Worin kann diese qualitative Verschiedenheit der Töne liegen? In der Wellenlänge kann sie nicht liegen, von der hängt die Höhe der Töne ab, in der Amplitude kann sie nicht liegen, von der hängt die Stärke derselben ab: es bleibt also nichts übrig, als dass diese Verschiedenheit von der Form der Schwingung abhängt. Wenn Sie die Luft durch eine über einen Resonator gehaltene Stimmgabel in Schwingungen versetzen, so schwingen die einzelnen Moleküle nach den Pendelgesetzen. Die Schwingungen können durch die Sinuscurve dargestellt werden. Diese erhält man dadurch, dass man sich einen Kreis auf der Abscissenaxe abgerollt denkt und die Ordinaten nach dem Sinus der abgerollten Bogenstücke oder, was dasselbe ist, nach dem Sinus der bei dem Abrollen durchlaufenen Winkel bemisst. *a b c* sei die eine

Fig. 62.



Hälfte des abzurollenden Kreises. Die Peripherie ist in gleiche Stücke getheilt und auf der Abscissenaxe abgetragen. Die Ordinaten sind dem Sinus der zugehörigen Bogen, multiplicirt mit dem Halbmesser, gleich gemacht. Würde ich die Zahlen für die Sinus nicht mit dem Halbmesser des abgerollten Kreises, sondern mit irgend einer kleineren Grösse multiplicirt haben, so würde ich ein Wellensystem von kleinerer Amplitude, aber immer noch das Bild von pendelartigen Schwingungen erhalten haben.

Nun denken Sie sich die Art und Weise, wie eine Geigensaite die Luft in Schwingung versetzt. Die Geigensaite wird durch den Bogen fortgeschleppt, dann reisst sie sich von dem Bogen los und schwingt frei zurück, dann wird sie wieder vom Bogen erfasst u. s. w. Die Schwingung wird daher eine ganz andere Gestalt haben, indem die Bewegung nach der einen und nach der anderen Seite nicht mit gleicher Geschwindigkeit erfolgt.

In solchen qualitativen Verschiedenheiten der Schwingungen ist auch die qualitative Verschiedenheit der Töne begründet, das, was wir mit dem Namen des Timbre oder der Klangfarbe bezeichnen. Wir werden aber später sehen, dass wir vermöge der Organisation unseres Gehörorganes Schwingungsgestalten nicht als solche wahrnehmen, sondern, dass in unserem Ohre ein eigenthümlicher Zerlegungsprocess mit den Schwingungen vor sich geht.

Aeusseres Ohr.

Wir müssen uns erst mit dem Baue des Ohres und mit der Art und Weise, wie die Schallwellen an den Gehörnerven übertragen werden, bekannt machen. Zuerst treffen die Schallwellen die Ohrmuschel und den äusseren Gehörgang. Im äusseren Gehörgange werden sie wie in einem Sprachrohre fortgeleitet. Von der Ohrmuschel hat man gesagt, dass sie dazu diene, den Schall zu concentriren und in den äusseren Gehörgang hinein zu reflectiren, ja, man hat sogar Betrachtungen darüber angestellt, wie alle einzelnen Windungen des äusseren Ohres gerade so gestaltet seien, dass sie in dieser Beziehung das Mögliche leisten. Es ist nun keine Frage, dass ein Theil der Schallwellen, die die Ohrmuschel treffen, auf dem Wege der Reflexion in den äusseren Gehörgang hineingelangt. Andererseits ist es aber auch ausser Zweifel, dass gerade bei dem Ohre des Menschen die Menge der Schallwellen, welche auf diese Weise reflectirt wird, keine bedeutende ist, keine so bedeutende, wie bei vielen Thieren, die grosse trichterförmige Ohren haben, deren Trichteröffnung sie gegen die Schallquelle hin richten können. Es kommen aber nicht allein die Schallwellen in Betracht, die auf dem Wege der Reflexion von der Ohrmuschel in den äusseren Gehörgang hinein reflectirt werden; es kommen auch die Schallwellen in Betracht, die an die Ohrmuschel übertragen werden. Die Ohrmuschel besteht aus einem Netzknorpel mit einer verhältnissmässig geringen Menge von Zwischensubstanz, welcher mit dem fibrösen Ueberzuge, welcher das Perichondrium bildet, eine im hohen Grade elastische, mehrfach gebogene Lamelle darstellt. Von dieser wird indessen doch nur ein sehr kleiner Theil der lebendigen Kraft der Schallwellen auf die Knochen und so auf das innere Ohr übertragen. Es ist nicht gerade selten, dass man Individuen mit fehlender Ohrmuschel beobachten kann. Bei solchen hat es sich gezeigt, dass sie zwar auf der Seite, wo ihnen die Ohrmuschel fehlt, weniger gut hören, als auf der andern, dass sie aber doch nicht in hohem Grade harthörig sind. Der Werth der Ohrmuschel für das Hören ist also beim Menschen nicht so gross, wie dies Laien anzunehmen geneigt sind.

Auffallend ist es auf den ersten Anblick, dass Hindernisse im äusseren Gehörgange, wenn sie denselben nicht geradezu verstopfen, das

Hören sehr wenig erschweren. Es ist bekannt, dass ein Schall in seiner Fortleitung am meisten durch fein vertheilte, feste Körper gehindert wird. Wenn man sich vor dem Clavierspiele eines Nachbars, von dem man durch eine doppelte Thüre getrennt ist, schützen will, so füllt man den Zwischenraum zwischen den Thüren mit Heu oder Stroh aus, um durch die zahlreichen Reflexionen, die die Schallwellen an den vielfach vertheilten festen Körpern erleiden, die Töne zu schwächen. Nun ist aber der äussere Gehörgang mit Haaren besetzt, die in den späteren Lebensjahren oft eine bedeutende Länge erreichen, ja büschelförmig zum äusseren Gehörgang herauswachsen können, ohne dass dadurch das Hören wesentlich beeinträchtigt wird. Man kann sich ferner überzeugen, dass ein Baumwollenbausch, lose in den äusseren Gehörgang gesteckt das Hören nur wenig hindert: man muss erst den Gehörgang förmlich tamponiren, um sich in hohem Grade harthörig zu machen. Es hängt dies offenbar mit der Kürze des Weges zusammen, den der Schall im äusseren Gehörgang zurückzulegen hat.

Trommelfell und mittleres Ohr.

Vom äusseren Gehörgange gelangen die Schallwellen an das Trommelfell. Das Trommelfell ist eine fibröse Platte, welche aus einer äusseren radiären Lage von Fasern besteht und aus einer inneren ringförmigen, die an Rande stärker ist, nach innen gegen das Centrum hin schwächer wird. Nach aussen, sagt man, gehe die Cutis über dasselbe hin. Das, was aber von der Cutis über das Trommelfell hingeht, besteht in einigen Elementen von gemeinem Bindegewebe und dem äusseren Epithel des Trommelfells, welches hier als eine Fortsetzung des Oberhäutchens des äusseren Gehörganges erscheint. Nach innen setzt sich in ähnlicher Weise die Auskleidung der Trommelhöhle fort. Die Trommelhöhle ist mit einem bindegewebigen, gefässreichen Ueberzuge ausgekleidet, der ein Flimmerepithel trägt. Ein Theil dieses Bindegewebes setzt sich fort auf das fibröse Gewebe des Trommelfells, und ebenso setzt sich das Epithel, welches die Trommelhöhle auskleidet, flacher werdend auf die innere Oberfläche des Trommelfells fort. Es soll hier beim Menschen in der Regel nicht flimmern, so wie auch am Promontorium die Flimmern vermisst worden sind: in einigen Fällen ist jedoch ein deutliches Flimmerepithel auf der Innenfläche des Trommelfells auch beim Menschen beobachtet worden.

Das Trommelfell kann durch den Hammer concav angespannt werden und ist für gewöhnlich concav angespannt. Hiebei wirkt bekanntlich ein Muskel, der M. tensor tympani seu M. mallei internus. Es fragt sich nun: Welchen Nutzen hat diese Anspannung des Trommelfells? Man hat den M. mallei internus im Zusammenhang mit dem M. stapedius früher als den Accommodationsmuskel des Ohres angesehen. Dies beruhte auf folgender Betrachtung. Wenn gegen eine gespannte Membran ein Zug von Schallwellen ankommt, so wird die Membran dadurch in Schwingungen versetzt. Jede gespannte Membran hat nun ihren Eigenton, der sich mit der Spannung ändert. Das ist der Ton, den man hört, wenn man die Membran anschlägt, und der dadurch entsteht, dass die angeschlagene Membran mit Schwingungen von einer gewissen Dauer in ihre Gleichgewichts-

lage zurückkehrt und, ehe sie dieselbe wieder bleibend einnimmt, um dieselbe hin- und herschwingt. Es ist nun klar, dass, wenn die Schwingungszahl des Wellensystems, welches gegen die Membran anrückt, mit der Schwingungszahl des Eigentons übereinstimmt, die Membran, wenn sie durch eine Verdichtungswelle vorgeschoben ist, gerade zurückschwingen wird, während die Verdünnungswelle sie trifft: sie wird also in derselben Richtung zu schwingen suchen, wenn die nächste Verdichtungswelle ankommt, sie wird so in die lebhaftesten Schwingungen versetzt werden. Sie wird also stärker mitschwingen, als mit jedem andern Ton und wird diese Schwingungen höchst vollständig an das hinter ihr liegende Medium, an die Luft, übertragen. Nun hat man sich früher gedacht, der M. tensor tympani habe die Function, das Trommelfell jedes Mal so anzuspannen, dass sein Eigenton derart wird, dass es möglichst mit den Tönen, welche ankommen, mitschwingt und deshalb diese möglichst vollkommen an die Luft der Paukenhöhle überträgt. Man sieht aber leicht ein, dass sich dies eben nur auf Töne beziehen könnte und zwar auf Töne von einiger Dauer, da ich nur diesen immer auf solche Weise mit der Accommodation des Ohres folgen könnte; dass dies nicht mehr möglich wäre bei Tönen, die mit grosser Geschwindigkeit wechseln, und dass es gar keinen Sinn haben würde bei Geräuschen, und doch ist uns Feinheit des Ohrs für die Geräusche viel wichtiger als für die Töne. In der menschlichen Sprache sind es gerade die Geräusche, die Consonanten, welche viel schwerer zu erfassen sind als die Vocale. Der Taubstummenlehrer sagt von einem Eleven, er habe noch Vocalgehör, das heisst, er hört noch so viel, dass er die Vocale von einander unterscheiden kann, aber nicht mehr so viel, dass er die Consonanten unterscheiden kann. Für das feine Auffassen der Geräusche würde eine solche Accommodation des Trommelfells gerade sehr nachtheilig sein: denn eine Membran, die in starke Schwingungen versetzt wird und in diesen fortschwingt, langsam austönt, ist sehr ungeeignet gleich darauf und noch ehe sie zur Ruhe gekommen, wieder andere Schwingungen aufzunehmen; weil diese in den noch restirenden Schwingungen eben so vielen Störungen begegnen. Gerade eine Membran, die schlecht mittönt und deshalb gleich wieder zur Ruhe kommt, ist am meisten geeignet, Geräusche aufzufassen, verschiedenartige Impulse in ganz unregelmässiger Reihenfolge gewissermassen in getreuem Abdruck wieder an die dahinter befindliche Luft zu übertragen. Ein sehr rasches Austönen aber wird bekanntlich durch das Princip der Dämpfung erzielt, dadurch dass die schwingende Membran mit andern, sie belastenden und hemmenden festen Körpern verbunden ist, an welche sie beim Schwingen diejenigen lebendigen Kräfte überträgt, die sie nicht beim ersten Impulse an die Luft übertragen hat. Es ist bei Weitem wahrscheinlicher, dass der ganze Apparat der Gehörknöchelchen in Rücksicht auf das Trommelfell mehr als Dämpfer dient, als dass er zur Accommodation des Trommelfells für Töne von verschiedener Höhe verwendet wird.

Wir haben aber gesehen, dass der Hammer mit dem Hammermuskel das Trommelfell nicht allein anspannt, sondern dass er es concav in einer bestimmten Form anspannt, und Helmholtz hat in neuerer Zeit darauf aufmerksam gemacht, dass gerade diese Concavität des Trommelfells eine Bedeutung für die Mechanik des Hörens habe. Er sagt: Es kommt darauf

an, dass die lebendigen Kräfte, welche in den Schallwellen thätig sind, möglichst vollständig an das innere Ohr übertragen werden, dass dabei aber doch keine grosse Amplitude entsteht, indem diese für die Einrichtung des Ohres nicht verwendbar wäre. Wenn eine concave Membran bis zu einer gewissen Amplitude fortgetrieben, weiter ausgebaucht werden soll, so ist damit eine grössere Dehnung verbunden, als wenn die Membran von vorneherein flach gewesen wäre. Indem eine grössere Dehnung dazu gehört, wird auch eine grössere Summe von lebendigen Kräften erfordert. Diese werden in Spannkräfte umgesetzt, und vermöge dieser grösseren Summe von Spannkraft schwingt dann diese Membran wieder energisch zurück. Es werden also bei verhältnissmässig kleinen Amplituden verhältnissmässig grosse Summen von lebendigen Kräften auf die Gehörknöchelchen und von diesen dann wiederum mit kleinen Amplituden auf die Membran des ovalen Fensters und das Labyrinth übertragen.

Helmholtz hat ferner auf eine andere interessante Einrichtung an den Gehörknöchelchen aufmerksam gemacht. Er hat darauf aufmerksam gemacht, dass das Gelenk, durch welches Hammer und Ambos mit einander verbunden sind, nicht ganz so frei ist, wie man auf den ersten Anblick glaubt. Es befinden sich an Hammer und Ambos Hervorragungen, die wie Sperrzähne in einander greifen. Diese hindern einander nicht bei der Bewegung des Trommelfells und des Hammers nach aussen. Deshalb können Trommelfell und Hammer ein Stück nach aussen gehen, ohne dass dadurch Ambos oder Steigbügel mitgenommen werden. Gehen sie aber nach innen, so fassen die Sperrzähne an, so dass sich jetzt die Gehörknöchelchen als ein zusammenhängendes Ganzes bewegen, und somit ein Impuls vom Trommelfell direct auf die Fenestra ovalis fortgepflanzt wird. Bei den Vögeln und Amphibien ist ja auch statt der Kette der Gehörknöchelchen nur ein solches Gehörknöchelchen, die sogenannte Columella, vorhanden, die den Dienst leistet, den bei uns die drei miteinander durch Gelenke verbundenen Gehörknöchelchen leisten.

Auf diese Weise werden also Impulse, die das Trommelfell treffen, durch die Kette von festen Theilen, welche die Gehörknöchelchen darstellen, auf die Membran des ovalen Fensters und somit auf die Labyrinthflüssigkeit und den Gehörnerven übertragen. Daneben existirt eine Schallleitung durch die Luft. Es werden ja auch Impulse an die Luft der Trommelhöhle übertragen, die sich bis auf die Labyrinthflüssigkeit und den Gehörnerven fortpflanzen. Bei der Schwierigkeit aber, mit der Schallwellen von festen Theilen auf die Luft und umgekehrt von der Luft auf feste Theile übergehen, kann man sagen, dass die Leitung, die in festen Theilen verbleibt, bei Weitem die wichtigere ist, und dass die Schallleitung durch die Luft der Trommelhöhle nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Wichtig für die Schallleitung ist die Spannung der Luft der Trommelhöhle, weil hievon die Spannung des Trommelfells abhängt. Aus der Trommelhöhle führt eine Röhre in die Rachenhöhle hinein, durch welche Secrete, die sich in der Trommelhöhle angesammelt haben, in die Rachenhöhle abfliessen können. Es ist dies die Tuba Eustachii. Indem die Tuba Eustachii von Zeit zu Zeit beim Schlingen geöffnet wird, bei einzelnen Individuen sogar bleibend offen zu stehen scheint, wird eine Communica-

tion zwischen der atmosphärischen Luft und der Luft in der Trommelhöhle hergestellt, so dass sich der Druck der Luft in der Trommelhöhle nicht wesentlich von dem der atmosphärischen entfernen und folglich auch keinen Einfluss auf die Spannung des Trommelfells üben kann. Anders verhält es sich, wenn die Tuba Eustachii verstopft ist. Dann kann der Druck in der Trommelhöhle über den atmosphärischen steigen oder unter denselben sinken und wird in beiden Fällen einen Einfluss auf die Spannung des Trommelfells haben. Dieser ist, wie die Erfahrung lehrt, im hohen Grade nachtheilig. Davon kann man sich überzeugen, wenn man bei geschlossener Nase die Luft aus der Trommelhöhle ansaugt, oder Luft in dieselbe hineinpresst. Der Arzt ist deshalb nicht selten im Falle durch Katheterismus die Tuba Eustachii wieder wegsam zu machen, um das Trommelfell wieder unter normale Verhältnisse zu versetzen.

Inneres Ohr.

Wir sind nun den Schallwellen in die Tiefe, bis zum inneren Ohre, gefolgt. Wir haben gesehen, dass sie theils durch feste Theile und theils durch die Luft übertragen werden. Von jetzt an wird eine Flüssigkeit in Bewegung gesetzt, und diese erregt wieder durch ihre Bewegungen die Endigungen des N. acusticus. Nun zerfällt bekanntlich das innere Ohr in zwei Theile. Den einen stellt die Schnecke, den andern das Labyrinth mit den Bogengängen und Ampullen dar. Es fragt sich zunächst: Wozu dienen die Bogengänge? Man hat die Behauptung aufgestellt, dass die Bogengänge dazu dienen, die Richtung wahrzunehmen, aus welcher der Schall kommt, und man kann nicht läugnen, dass die Anordnung derselben in drei fast senkrecht aufeinander stehenden Ebenen, die mit merkwürdiger Regelmässigkeit fast durch die ganze Wirbelreihe hindurchgeht, zu einem solchen Gedanken Veranlasung gibt. Nichts desto weniger lässt sich darthun, dass diese Idee unbegründet ist. In wie weit wissen wir denn überhaupt, woher der Schall kommt? Wir wissen es, in so weit wir wahrnehmen, dass wir mit dem rechten oder linken Ohre stärker hören. Weiter nicht. Man verbinde einem Menschen die Augen und halte ihm eine tickende Uhr in der Medianebene bald vor die Stirn, bald über den Scheitel, bald vor das Kinn oder hinter den Hinterkopf und frage, wo sich die Uhr befinde. Allerdings gibt er häufig ihren Ort richtig an, aber häufig auch unrichtig. Wenn wir aber eine unmittelbare Wahrnehmung von der Richtung, aus welcher der Schall kommt, hätten, müsste der Ort der Uhr unter allen Umständen richtig angegeben werden, was nicht der Fall ist. Es zeigt aber auch schon die Erfahrung des gewöhnlichen Lebens, dass wir keine directe Wahrnehmung von der Richtung haben, aus welcher uns der Schall zukommt. Worauf beruhen die Künste der Bauchredner? Was thut der Bauchredner? Er kann nichts Anderes, als seine Sprache mit seinem Kehlkopfe und seinen Mundwerkzeugen hervorzubringen, er kann die Schallquelle nicht an einen andern Ort verlegen, aber er verändert den Ton seiner Stimme, er spricht einmal, wenn er sich selbstredend einführt, mit dem lauten und hellen Tone seiner Stimme, dann dämpft er den Ton, er verschleiert ihn und sucht zugleich die Vocale und die Consonanten hervorzubringen, ohne dass er

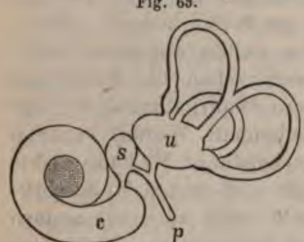
die Lippen bewegt, oder wenigstens so, dass er die Lippen möglichst wenig bewegt, um uns nicht merken zu lassen, dass er es selbst ist, der spricht. Dadurch dass er den Ton der Stimme dämpft, glauben wir, dass die Laute aus einem andern Raume herkommen und der Bauchredner deutet auf einen bestimmten Ort hin, und macht uns glauben, dass sich dort ein Individuum befinde, mit dem er sich unterhält.

Auch bei den gewöhnlichen Kinderspielen, bei den Versteckspielen, bei denen gerufen oder gepfiffen wird, um ein Zeichen zu geben, zeigt sich, dass wir keine directe Wahrnehmung von der Richtung haben, aus der der Ton kommt, abgesehen von der Wahrnehmung, die uns daraus erwächst, dass wir einmal mit dem einen, das andere Mal mit dem andern Ohre stärker hören.

Wir kennen bis jetzt überhaupt gar nicht mit Sicherheit eine Beziehung der Bogengänge als solcher zum Hören, wir kennen aber eine Beziehung der Bogengänge zu dem Gefühle vom Gleichgewichte des Körpers. Ich erinnere hier an die Versuche von Flourens und seinen Nachfolgern, welche wir, als wir von der Physiologie des Gehirns handelten, ausführlich besprochen haben. Es ist dabei ausdrücklich gesagt worden, dass beim Anschneiden, ja beim Zerstören der Bogengänge die Thiere nicht taub geworden seien, während sie beim Zerstören der Schnecke taub wurden.

Ehe wir weiter die Rolle des inneren Ohres beim Hören erörtern, muss ich noch Einiges über den Bau desselben bemerken. Es sind in neuerer Zeit einige früher unbekannte Thatsachen eruirt worden. Die Aeste des N. vestibuli, welche zum häutigen Labyrinthe gehen, sind hier bis in gewisse epitheliale Gebilde verfolgt worden, ohne dass bis jetzt bei Säugethieren und Menschen die Art und Weise ihrer Endigung mit Sicherheit bekannt wäre. Vom häutigen Labyrinthe selbst nun gab man früher an, dass es mit der Endolymphe gefüllt, in der Perilymphe schwimme. Rüdinger hat aber nachgewiesen, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass die Bogengänge an das Periost durch eine bindegewebige Brücke befestigt sind, und auch sonst bindegewebige Habenulae vom Periost zum Labyrinth gehen, so dass dasselbe weniger frei, als man sonst geglaubt hat, in der Perilymphe liegt. Hensen hat ferner gefunden, dass der Schneckenkanal durch den Canalis reuniens mit dem Sacculus seu Sacculus rotundus communicirt, und andererseits hat man gefunden, dass der Recessus labyrinthi, den man früher nur als embryonale Bildung kannte, und von dem man wusste, dass er in den Aquaeductus vestibuli umgewandelt werde, den man blos für den Durchgangskanal einer Vene hielt, dass dieser als Hohlraum fortexistirt. Man fand, dass er an seiner inneren gegen die Dura mater gerichteten Seite mit einem angeschwollenen Ende blind endigt und dass er sich an seiner dem Labyrinth zugewendeten Seite in zwei Aeste theilt, von denen der eine mit dem Sacculus, der andere mit dem Utriculus seu Sacculus ellipticus communicirt, so dass auf diese Weise Bogengänge, Utriculus, Sacculus und Schneckenkanal mit einander in der Weise communiciren, wie es in der bei-

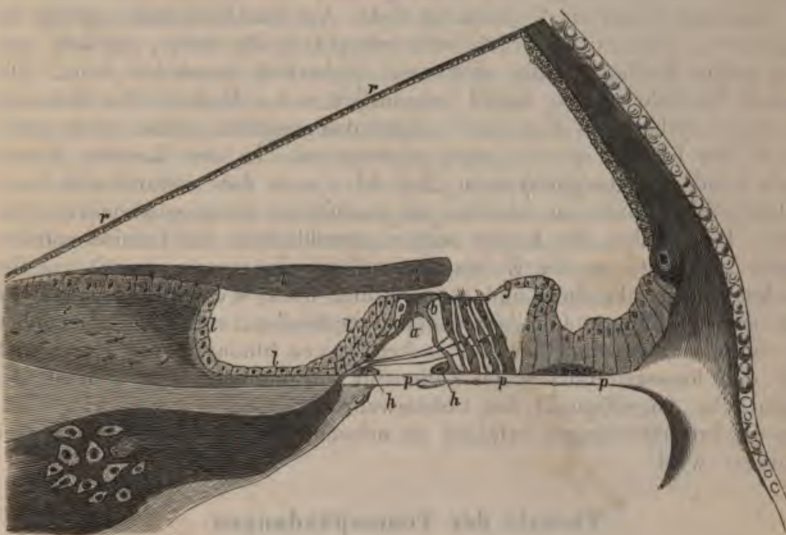
Fig. 63.



stehenden Figur 63, theilweise nach Waldeyer, dargestellt ist. *u* ist der Utriculus, *s* der Sacculus, *c* die Schnecke und *p* der Aquaeductus vestibuli.

In der Schnecke kennt man seit langer Zeit zwei Abtheilungen, die Scala tympani und die Scala vestibuli, und diese beiden sind von einander durch eine Scheidewand getrennt, die theils häutig, theils knöchern ist, und deshalb in die Lamina spiralis ossea und die Lamina spiralis membranacea getheilt wird. Nun hat aber Reissner noch eine weitere Membran entdeckt, Fig. 64 *r r*, welche von der Lamina spiralis

Fig. 64.



ossea schräg durch die Scala vestibuli verläuft und sich an die äussere Wand des Schneckenkanals ansetzt. Sie heisst nach ihm die Reissner'sche Membran. Der Querschnitt des Schneckenkanals ist also nicht blos in zwei Abtheilungen, in die Scala tympani und Scala vestibuli, getheilt, sondern dazwischen liegt eine dritte Abtheilung, die auf Kosten der alten Scala vestibuli gebildet ist und den Namen Canalis cochlearis oder Scala media führt.

Gerade in dieser Abtheilung liegen alle diejenigen Gebilde, welche in neuerer Zeit das Interesse besonders in Anspruch genommen haben. Vor einer Reihe von Jahren entdeckte Corti, dass sich auf der Lamina spiralis membranacea eigenthümliche zellige Gebilde befinden, die in Reihen angeordnet sind, welche den spiralen Windungen der Schnecke folgen. Davon waren besonders zwei elastische Gebilde auffallend, welche nach Art eines Dachfirstes gegen einander gestemmt waren, ein massiverer Theil, Fig. 64 *a*, welchen man in neuerer Zeit mit dem Namen des Steges, und ein dünnerer, schlankerer Theil, Fig. 64 *b*, den man in neuerer Zeit mit dem Namen der Saite bezeichnet hat. Ausserdem liegen daneben noch mehrere Arten von Zellen, die zum Theil von Corti schon gekannt waren, zum Theil erst von späteren Beobachtern beschrieben

wurden und mit den Namen der inneren *(d)*, und der äussern *(c c c)* Corti'schen Zellen, der Deiter'schen Zellen *(e e e)*, der Claudius'schen Zellen *(g)*, der inneren und äusseren Bodenzellen *(hh)*, des innern Epithels *(l l l)* u. s. w. benannt werden. Das ganze Gebilde in seinem Zusammenhange wurde mit dem Namen des Corti'schen Organs bezeichnet. Dasselbe ist überdeckt von einer streifigen Membran, die den Namen der Corti'schen Membran führt (siehe Fig. 64 *k k)*. Diese Membran ist beim Meerschweinchen, dem die nach A. von Winiwarter entworfene Figur entnommen ist, wenig entwickelt, beim Menschen dagegen viel mehr, und Einzelne glauben sogar, dass sie hier die ganze Zellenmasse, welche auf der Lamina spiralis membranacea aufliegt, überdeckt und mit der äusseren Wand in Verbindung steht. Auf Durchschnitten springt sie immer ab, zieht sich zurück und schnellt in die Höhe, so dass man ihre wahre Endbefestigung nicht mit Sicherheit darstellen kann. Die Fasern des Gehörnerven treten bekanntlich in den Modiolus der Schnecke ein und weichen von dort aus in Schraubengangform radial auseinander, um in die Lamina spiralis ossea einzutreten. In der Lamina spiralis ossea bilden sie Ganglienkugeln, Fig. 64 *q q*, so dass dadurch eine korkzieherförmige Zone von solchen, die sogenannte Zona ganglionaris, entsteht. Dann gehen die Fasern weiter, durchbohren die Lamina spiralis, treten zum Theil an die Zellen des auf der Innenseite des Steges liegenden inneren Epithels und endigen hier nach Waldeyer, indem sie sich mit den inneren Corti'schen Zellen verbinden; zum Theil aber gehen sie zwischen den einzelnen Corti'schen Stegen hindurch und setzen sich mit den äusseren Corti'schen Zellen in Verbindung. Hier scheint der eigentliche Angriffspunkt der Gehörswahrnehmungen zu sein, hier scheinen die Erschütterungen erfolgen zu müssen, von welchen der Gehörnerv angeregt wird.

Theorie der Tonempfindungen.

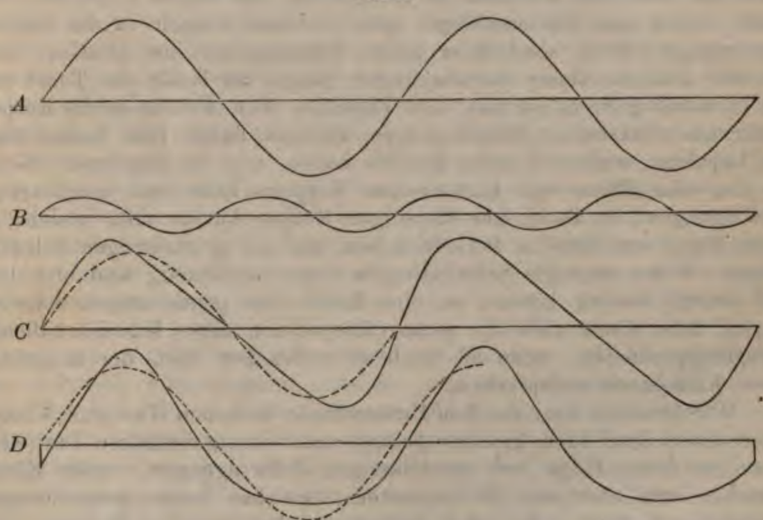
In welcher Weise geben nun diese Erschütterungen zu Tonempfindungen Veranlassung? Wir kommen hier wiederum zu der Frage: Beruhen die verschiedenen Tonempfindungen auf verschiedenen Erregungszuständen in ein und demselben Nerven, oder bringt uns eine Nervenfaser, wenn sie erregt wird, nur immer ein und dieselbe Tonempfindung zu, so dass wir hohe und tiefe Töne dadurch hören und unterscheiden, dass das eine Mal eine Art von Nervenfasern, das andere Mal eine andere Art von Nervenfasern erregt wird? Wie man in der Optik zu dem Resultate gekommen ist, dass die Farbenempfindung davon herrühre, dass abwechselnd drei verschiedene Arten von Nervenfasern in verschiedener Stärke erregt werden, von denen uns jede eine besondere Farbenempfindung zubringt, so ist Helmholtz auch hier zu dem Resultate gekommen, dass das Empfinden verschieden hoher Töne nicht auf verschiedenen Erregungszuständen einer und derselben Art von Nervenfasern, sondern auf der Erregung verschiedener Fasern beruhe, nur mit dem Unterschiede, dass wir hier nicht blos drei Arten von Nervenfasern, sondern eine continuirliche Reihe von einer sehr grossen Anzahl von Nervenfasern annehmen müssen, die uns alle die Empfindung von verschieden hohen Tönen zubringen, angefangen von den tiefsten Tönen, die wir

hören, und die beiläufig 40 Schwingungen in der Secunde haben, bis zu den höchsten Tönen, die wir hören, die beiläufig 60000 Schwingungen in der Secunde haben.

Es entsteht nun die weitere Frage: Wie geht es denn zu, dass diejenigen Töne, welche viele Schwingungen in der Secunde haben, andere Nervenfasern erregen, als diejenigen Töne, die wenig Schwingungen in der Secunde haben, und dass die Töne, je nach ihrer Höhe immer nur bestimmte Gruppen von Nervenfasern in Bewegung setzen? Um das zu verstehen, müssen wir näher auf die Art und Weise eingehen, wie sich acustische Wellensysteme zusammensetzen und zerlegen lassen. Wir wollen hier der Einfachheit halber vorläufig annehmen, dass die Verschiebung der Moleküle relativ sehr klein sei, dass wir sie im Verhältniss zum Abstande der Moleküle als so klein betrachten können, dass es erlaubt ist, die durch die Verschiebung hervorgebrachte Aenderung in der Dichtigkeit und deren Wirkung zu vernachlässigen. Dann setzen sich die Wellensysteme einfach algebraisch zusammen, in der Weise, wie man es an den Wellenmodellen sichtbar darstellen kann.

Nun denken Sie sich, ich hätte ein Wellensystem von pendelartigen Schwingungen, von Schwingungen, wie sie eine Stimmgabel gibt, welche ich dadurch hörbar mache, dass ich sie über einen Resonator oder irgend einen anderen Hohlkörper halte. Die Schwingungszahl dieses Wellensystemes soll n sein, und es sei durch die beistehende aus Helmholtz' Werk über Tonempfindungen entnommene Figur 65 in A dar-

Fig. 65.



gestellt. Nun denke ich mir, ich hätte ein zweites Wellensystem, welches die Schwingungszahl $2n$ hat. Es sei in Fig. 65 B dargestellt. Wenn ich mir diese beiden Wellensysteme zusammengelegt denke, so würde ich dadurch eine neue Curve C bekommen, die zwar noch dieselben Abstände der Maxima und dieselben Abstände der Minima hat, welche

das Wellensystem A zeigt, in der aber die Welle selbst eine andere Gestalt hat. Jetzt denke ich mir, ich hätte ein Wellensystem von der Schwingungszahl $3\,n$, so würde ich wiederum dieses Wellensystem mit den beiden andern zusammenlegen können, und ich würde dadurch wieder eine neue Figur bekommen, die aber noch immer die Periode n hat. So werde ich weiter $4\,n$, $5\,n\,.\,.\,.\,m\,n$ kurz eine unbestimmte Anzahl zusammenlegen können. Je nachdem ich nun die Wellensysteme aus denen von den Schwingungszahlen $2\,n$, $3\,n$, $4\,n$ u. s. w. auswähle und je nach den Amplituden, welche ich denselben gebe, werde ich eine unbegrenzte Menge von Wellensystemen von verschiedener Form aufbauen können.

Wenn ich nun auf diese Weise eine Menge verschiedener Wellensysteme aufbauen kann, so muss ich denselben Process auch rückwärts durchmachen können, ich muss solche Wellensysteme, welche in ihrer Form nicht die Sinuscurve darstellen, die ich mir aber aus verschiedenen pendelartigen Schwingungen nach dem Principe der Interferenz aufgebaut denken kann, rückwärts zerlegen können in andere Wellensysteme, welche aus pendelartigen Schwingungen bestehen, und welche mir, wenn ich sie wieder in derselben Weise zusammenlegen könnte, das ursprüngliche zerlegte Wellensystem herstellen würden. Das ist nun ein Process, den ein System von mittönenden Körpern vornimmt, aber nur dann vollständig vornimmt, wenn für alle Arten von resultirenden pendelartigen Schwingungen gleich gut mittönende Körper vorhanden sind.

Jeder Körper, der überhaupt in dauernde Schwingungen zu versetzen ist, der zum Mittönen zu bringen ist, hat seinen Eigenton, das heisst, wenn man ihn anschlägt, geht er nicht einfach in die Gleichgewichtslage zurück, sondern er macht Schwingungen um dieselbe, und von der Periode dieser Schwingungen hängt die Höhe des Tones ab, den er dabei gibt, es ist dies sein Eigenton. Nun werden solche Körper immer am stärksten in Schwingungen versetzt durch eine Reihenfolge von Impulsen, welche dieselbe Periode haben, wie ihr Eigenton. Wenn ich also eine Reihe von mittönenden Körpern habe und pendelartige Schwingungen, so tönen nur diejenigen Körper hörbar mit, welche in ihrem Eigentone dieselbe Periode haben, wie die pendelartigen Schwingungen. Wenn aber die Schwingungen nicht pendelartig sind und deshalb zerlegt werden können in eine Reihe von pendelartigen Schwingungen, dann tönen auch die andern Körper mit, deren Eigentöne diesen Zerlegungsproducten, wenn ich mich so ausdrücken darf, der ursprünglichen Klangmasse entsprechen.

Wir kommen hier zu dem Unterschiede zwischen Ton und Klang. Unter einem Ton, oder, genauer gesagt, unter einem einfachen Ton, verstehen wir eine Folge von pendelartigen Schwingungen, unter Klang verstehen wir aber ein Wellensystem, welches keine pendelartigen Schwingungen zeigt, das aber zerlegt werden kann in Systeme von pendelartigen Schwingungen, in einzelne Töne, und diese Töne sind für unseren Fall der Grundton, der von der Schwingungszahl n, und die harmonischen Obertöne, das heisst die Töne von den Schwingungszahlen $2\,n$, $3\,n$, $4\,n$ u. s. w.

Nun denken Sie sich, es befänden sich in unserem Ohre auch dergleichen mittönende Körper, und diese stünden in Verbindung mit Nerven-

fasern und zwar jeder mit andern, so wird, wenn ein reiner Ton von pendelartigen Schwingungen unser Ohr trifft, eine Gruppe von Nervenfasern stark erregt werden, die Fasern, die in Verbindung stehen mit demjenigen Theile, der stark mittönt. Andere werden noch schwach erregt werden, weil die mit ihnen zusammenhängenden Theile noch schwach mittönen, die übrigen aber werden nicht erregt werden. Wenn aber an unser Ohr eine Klangmasse gelangt, die mittönende Körper zerlegen müssen in verschiedene Systeme von pendelartigen Schwingungen, dann wird nicht nur eine Gruppe von Nervenfasern, es werden verschiedene Gruppen von Nervenfasern erregt, und die verschiedenen Tonempfindungen werden im Bewusstsein eben zu der Empfindung eines Klanges zusammengesetzt. Das, was wir Klangfarbe nennen, ist das Resultat des Grundtons in der Zusammensetzung mit seinen verschiedenen Obertönen, es ist die Modification, welche der Grundton durch das gleichzeitige Erklingen der Obertöne erfährt. Wenn wir einer Melodie nachgehen, so folgen wir mit unserem Ohre den Bewegungen des Grundtons nach aufwärts und abwärts. Daneben aber geht etwas Anderes her, daneben unterscheiden wir die Qualität des Tones und auch die qualitativen Veränderungen des Tones während des Singens, und diese qualitativen Veränderungen des Tones beziehen sich auf den Wechsel der harmonischen Obertöne, welcher entsteht, je nachdem sich die Klangfarbe der Stimme beim Heraufgehen oder beim Heruntergehen der letzteren verändert.

Es scheint, dass die Verschiedenheit zwischen musikalischen und nichtmusikalischen Menschen, das heisst zwischen solchen, die musikalische Anlage haben, und solchen, die keine besitzen, auf der Art und Weise beruht, wie sie die Tonempfindungen auffassen, und davon abhängt, welchen Eindrücken sie mit ihrer Aufmerksamkeit folgen. Die musikalischen Menschen folgen wesentlich den Bewegungen des Grundtons, und diese prägen sich ihrem Gedächtnisse ein. Die nichtmusikalischen richten ihre Aufmerksamkeit mehr auf die Klangfarbe, für diese ist ein Ton, wenn er eine andere Klangfarbe hat, etwas Anderes, etwas Neues; sie unterscheiden die Qualität der Töne nicht nach ihrem Orte in der Tonleiter, sondern nach der Klangfarbe, nach der qualitativen Empfindung, die dadurch in ihrem Ohre entsteht. Damit hängt es wahrscheinlich auch zusammen, dass ausgezeichnete Schauspieler, die die feinste Empfindung für die geringste Veränderung in der Klangfarbe der Stimme haben, die die Wirkung der Affecte auf dieselbe auf das allerfeinste und sicherste wiederzugeben wissen, oft gänzlich unmusikalisch sind, und sehr musikalische Leute, Sänger und Sängerinnen, wenn sie zum Schauspiele übergehen wollen, nicht unbedeutende Schwierigkeiten zu überwinden haben, weil sie ihre ganzen psychischen Processe, mit welchen sie bisher die Töne aufgefasst haben, umändern müssen, um nun nicht mehr den Bewegungen des Grundtons, sondern eben den Veränderungen in der Klangfarbe, dem Timbre, zu folgen.

Es bleibt uns jetzt die Frage zu beantworten: Welche Theile sind es in unserem Ohre, die in Mitschwingungen versetzt werden und die die Nerven erregen.

Da die Nervenfasern im Corti'schen Organe endigen, und die Corti-schen Zellen mit Steg und Saite in Zusammenhang stehen, und Steg

und Saite so zierlich in Reihen auf der Lamina spiralis membranacea stehen, dass sie gleichsam wie die Tasten eines Claviers, die man nur anzuschlagen braucht, aussehen, musste der erste Gedanke wohl der sein, dass es Stege und Saiten, in Sonderheit zunächst die Saiten, des Corti-schen Organs wären, die in Mitschwingungen versetzt werden, so dass sie in verschiedenen Regionen der Schnecke mit verschieden hohen und tiefen Tönen mitschwingen, und dadurch verschiedene Gruppen der radial ausgebreiteten Nervenfasern des Acusticus erregt werden. Das war auch in der That die erste Ansicht von Helmholtz, die er in seinem Werke über Tonempfindungen auseinandergesetzt hat. Er ist aber später davon zurückgekommen, und zwar aus einem Grunde, den die vergleichende Anatomie geboten hat. Es zeigte sich, dass bei den Vögeln kein eigentliches Analogon des Steges und der Saite vorhanden sei. Nun wissen wir aber, dass die Vögel musikalisch sind, dass ein Theil derselben sogar abgerichtet werden kann, Melodien nachzupfeifen. Ein Dompfaff muss offenbar die Töne in ganz ähnlicher Weise hören und auffassen, wie wir, da er sie in ganz analoger Weise wiedergibt. Wenn er also keine Analogen für diese Gebilde hat, so ist es einigermassen gewagt, in ihnen die primär mitschwingenden Theile zu suchen.

Nun ist aber die Membrana basilaris (Fig. 64 *pp*), die fibröse Grundlage der ganzen Lamina spiralis membranacea, radial gefasert, so dass man mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen kann, dass ihre Spannung in tangentialer Richtung, also senkrecht auf die Richtung der Fasern, verschwindend ist im Vergleiche zu ihrer Spannung in radialer Richtung. Unter diesen Umständen ist es erlaubt sie physikalisch anzusehen als ein System von nebeneinanderliegenden Saiten, so dass die einzelnen radialen Zonen in verschiedenen Perioden, je nach ihrer Länge und ihrer Spannung, schwingen können. Helmholtz nimmt deshalb jetzt an, dass es die Membrana basilaris sei, deren einzelne Zonen zunächst in Mitschwingung versetzt werden, und dass durch diese die unmittelbar darauf liegenden Theile und mit ihnen die Nervenenden des Acusticus erregt werden.

Wir haben gesehen, dass die Klänge im Ohre zerlegt werden, indem daselbst nur pendelartige Schwingungen entstehen, und also jeder Klang in diejenigen pendelartigen Schwingungen zerlegt wird, für welche er nach der Form und Periode seiner Schwingungen Impulse abgeben kann. Wir nehmen also eigentlich nicht den Klang als solchen wahr, sondern wir nehmen den Grundton desselben und die harmonischen Obertöne wahr; aber wir sind uns dessen für gewöhnlich nicht bewusst, weil wir immer den Klang als Ganzes auffassen, und es bedarf einer besonderen Aufmerksamkeit und Ueberlegung, um in der Klangmasse einzelne Obertöne zu erkennen. Nun kann ich aus zwei Wellensystemen nicht nur ein neues erzeugen, sondern mehrere, indem ich sie mir mit ihren Phasen in verschiedener Weise auf einander gelegt denke. So wurde Fig. 64 aus *A* und *B* das System *C* erzeugt: es kann aber durch eine andere Aufeinanderlagerung auch das System *D* erzeugt werden. Es kann also ein System von mitschwingenden Körpern in seinem actuellen Zustande gleichzeitig Wellensystemen von verschiedener Form aber gleicher Periode entsprechen. Es fragt sich deshalb, nimmt das Ohr wirklich die Gestalt der Wellen wahr, die ihm zukommen, oder nimmt

es, wie man nach dem Bisherigen erwarten muss, nur das Resultat der Analyse wahr, die es mit den Klängen vorgenommen hat?

Helmholtz hat mittelst Stimmgabeln dieselben Wellensysteme thatsächlich zu verschiedenen Formen zusammengesetzt und gefunden, dass der Klang ein und derselbe war. Das Ohr nimmt also nicht die Gestalt der Welle als solche wahr, sondern nur das Resultat der Analyse. Gleiche Klänge müssen, wenn ich mich so ausdrücken darf, physikalisch isomer sein, aber sie brauchen nicht physikalisch isomorph zu sein. Die Welle braucht nicht dieselbe Gestalt zu haben, wenn nur das Resultat der Analyse dasselbe ist, wenn ich bei der Zerlegung nur dieselben Wellensysteme pendelartiger Schwingungen mit denselben Amplituden erhalte.

Wir haben bis jetzt immer nur Rücksicht genommen auf einen einfachen Klang; es ist aber klar, dass, wenn mehrere Klänge zugleich angegeben werden, diese sich auch in der Luft zusammensetzen müssen, da ja ein Luftmolekül in demselben Augenblicke immer nur in einer Weise und nicht gleichzeitig auch in einer andern Weise bewegt werden kann. Wir haben nun angenommen, dass bei dieser Zusammensetzung eine einfache algebraische Addition stattfindet; dabei haben wir aber vorausgesetzt, dass die Ausweichung der Moleküle aus ihrer Gleichgewichtslage nur sehr klein sei im Verhältnisse zum Abstande der schwingenden Moleküle von einander. Da, wo diese Bedingung nicht erfüllt ist, ist dieses Gesetz nicht mehr gültig, und da entstehen durch die Zusammensetzung von zwei Tönen sogenannte Combinationstöne. Es gibt deren zwei Arten, die einen, die stärker hörbaren, sind die Differenztöne, die dadurch charakterisirt sind, dass die Schwingungszahl des neuen Tones gleich ist der Differenz der Schwingungszahlen der beiden zusammensetzenden Töne. Diese sind von Sorge entdeckt, später auch von Tartini beschrieben worden, nach dem sie den Namen der Tartinischen Töne führen. Die zweite Art der Combinationstöne bilden die Summationstöne. Diese sind dadurch charakterisirt, dass die Schwingungszahl des Combinationstones gleich ist der Summe der Schwingungszahlen der beiden zusammensetzenden Töne. Sie sind erst in neuerer Zeit von Helmholtz entdeckt und zuerst in den Berichten der Berliner Akademie und in Poggendorf's Annalen beschrieben worden.

Die Combinationstöne können nun nicht blos durch Zusammensetzung der Grundtöne entstehen, sondern auch durch Zusammensetzung der Obertöne. Es kann also, wie Sie leicht einsehen, die Zahl der Töne, die aus einer Klangmasse hervorgeht, die das Ohr aus einer Klangmasse herausanalysirt, eine sehr bedeutende sein. Aber das Ohr fasst nicht jeden dieser Töne einzeln auf, sondern nur den Klang im Ganzen, und wenn es in einem Concerte seine besondere Aufmerksamkeit auf bestimmte Töne richtet, so sind diese auch nicht einfache Töne, sondern Klänge. Es ist ein bestimmtes Instrument mit seinem Klange, dessen Gang man in der ganzen Klangmasse mit seiner Aufmerksamkeit verfolgt.

Wir unterscheiden consonirende und dissonirende Töne und consonirende und dissonirende Klänge. Wir sagen, dass zwei Noten miteinander eine Consonanz, und dass zwei Noten miteinander eine Dissonanz geben. Man wusste seit längerer Zeit, dass im Allgemeinen diejenigen Töne, deren Schwingungszahlen in einem einfachen Verhältnisse stehen,

eine Consonanz geben, und dass diejenigen, deren Schwingungszahlen in einem complicirten Verhältnisse stehen, eine Dissonanz geben: aber worauf die Consonanz und Dissonanz eigentlich beruhe ist erst in neuerer Zeit von Helmholtz aufgedeckt worden. Helmholtz hat gezeigt, dass Consonanz nichts Anderes heisst als continuirliche Tonempfindung, und Dissonanz nichts Anderes heisst als discontinuirliche Tonempfindung. Zwei Töne, welche um ein sehr Geringes von einander entfernt sind, geben, wie wir früher gesehen haben, Schwebungen, indem sich durch das abwechselnde Aufeinanderfallen von Wellenberg und Wellenberg und dann wieder von Wellenberg und Wellenthal, die Impulse in der einen Periode zu einander addiren, in der andern sich von einander abziehen, einander vernichten. Wenn die Differenz der Töne grösser wird, so muss die Periode, in der diese Abwechslungen erfolgen, kleiner werden, es müssen also mehr Schwebungen in der Zeiteinheit entstehen, und endlich rücken die Schwebungen so nahe an einander, dass dadurch ein gewisses Stossen, ein gewisses Knarren, eine unangenehme Rauhigkeit des Tones entsteht, und das ist es, was man mit dem Namen der Dissonanz bezeichnet. Die Rauhigkeit der Töne ist am grössten, wenn etwa 33 Schwebungen in der Secunde stattfinden. Wenn weniger Schwebungen in der Secunde stattfinden, ist die Dissonanz weniger unangenehm, weil dann die Schwebungen doch noch weiter auseinanderfallen und sich nicht so scharf markiren. Wenn mehr Schwebungen als 33 in der Secunde stattfinden, so verwischen sie sich wieder mehr, fliessen mehr ineinander und sind dadurch weniger lästig. Es gilt dies für alle Tonlagen. Es gilt auch für hohe Tonlagen, in welchen sich noch viel mehr als 33, ja noch mehr als 40 Schwebungen in der Secunde durch ihre Rauhigkeit kenntlich machen.

Helmholtz hat nun den Grad der Rauhigkeit der einzelnen Töne berechnet, rein nach physikalischen Grundsätzen, und hat dann gefunden, dass in der That das Resultat ein solches war, dass sich wirklich diejenigen Intervalle, welche als die reinsten und die besten bekannt sind, auch hier bei der Rechnung als die reinsten und besten erwiesen, und dass in der That für diejenigen Combinationen, welche in der Musik als entschiedene Dissonanzen bekannt sind, das Maximum der Rauhigkeit herauskam. Sie sehen leicht ein, dass hiermit eine theoretische Grundlage für die Musik gegeben ist, auf der auch Helmholtz in seinem Werke fortgebaut hat.

Geruchssinn.

Beim Riechen haben wir es mit Substanzen zu thun, welche mit Nerven in Berührung kommen und dieselben chemisch erregen. Es fragt sich: Wie sind diese Nerven beschaffen, und mit welchen Endgebilden sind sie versehen für die Aufnahme der Substanzen, von welchen sie erregt werden sollen? Es ist bekannt, dass der N. olfactorius in seinem intracraniellen Theile nicht das ist, was wir mit dem Namen eines Nerven zu bezeichnen pflegen, sondern dass er ein vorgeschobener Hirntheil

ist, der durch einen Stiel mit dem übrigen Gehirne in Verbindung steht. Das weist sowohl der Bulbus olfactorius durch seinen Bau nach, als auch die Natur der Fasern im Stiele des Bulbus olfactorius. Das weist auch die vergleichende Anatomie nach, indem bei den niederen Wirbelthieren der Bulbus olfactorius mit dem N. olfactorius zusammen in eine gedrungene Masse, in einen sogenannten Lobus olfactorius, umgewandelt ist.

Von dem Bulbus nervi olfactorii gehen nun die Riechnerven aus und verzweigen sich in der Nasenhöhle, aber nur in einem Theile derselben, in demjenigen Theile, welchen wir mit dem Namen der Regio olfactoria bezeichnen, und der sich durch seine gelbliche von einem Pigmente herrührende Farbe und durch seinen Mangel an Flimmerbewegung auszeichnet. Diese Regio olfactoria nimmt den kleineren, oberen Theil der Nasenscheidewand ein, ferner die obere Muschel und einen Theil der mittleren Muschel. Hier verzweigen sich die Fasern des Riechnerven, welche als verhältnissmässig dünne, glattrandige Nerven dahin verlaufen. Sie endigen hier, indem sie sich in Zusammenhang setzen mit der Epithelialbekleidung. Die Schleimhaut der Regio olfactoria, die sich als solche durch eigene tubulöse Schleimdrüsen von verhältnissmässig einfachem Bau, die in dieselbe eingesenkt sind, charakterisirt, ist überdeckt mit einem Epithelium, dessen Zellen im Ganzen die Form von Cylinderzellen haben. Diese Zellen waren schon von Ecker und von Eckhard in ihrer Gestalt beschrieben worden, als man später mit Max Schultze allgemein zwei Arten von Zellen unterschied, von denen die einen als Cylinderepithelzellen, die anderen als Riechzellen bezeichnet wurden. Die Cylinderepithelzellen sollten nach Max Schultze's Ansicht nicht in Zusammenhang mit den Fasern des Olfactorius stehen. Dagegen sollten aber die Riechzellen, die sich durch schlankeren Bau, namentlich durch ein verschmälertes oberes Stück (Siehe Fig. 66 *a* u. Fig. 67 *a*) von den Cylinderepithelzellen (Fig. 67 *b b*) unterscheiden, wenigstens aller Wahrscheinlichkeit nach in directer Verbindung stehen mit den Fäden des N. olfactorius. Es zeigte sich nämlich, dass die Zellen nach abwärts laufende fadenförmige Fortsätze hatten, die ganz ähnlich waren den letzten Enden der Fasern des N. olfactorius, welche Max Schultze beobachten konnte. Es gelang freilich nicht eine Olfactoriusfaser direct in einen solchen Fortsatz zu verfolgen, aber durch das besondere Aussehen dieser Zellen, dadurch, dass sie sich eben von den Epithelzellen durch ihre schlankere Gestalt unterschieden, und dadurch, dass sie immer diese fadenförmigen Fortsätze nach abwärts schickten, war es wahrscheinlich, dass sie wirklich mit den Fäden des N. olfactorius im Zusammenhange stehen.

Fig. 66.



Die Sache hat sich indessen in neuerer Zeit nach den Untersuchungen von S. Exner etwas anders gestaltet. Exner hat an Stückchen der Nasenschleimhaut von Menschen und von Thieren, die in Ueberosmiumsäure erhärtet und dann zerfasert waren, gesehen, dass ganz allgemein die Fasern des N. olfactorius nicht direct in solche Zellenfortsätze übergehen, sondern dass die Fasern des N. olfactorius sich in ein maschenförmiges Gewebe (Fig. 66 *cc*) auflösen, in dessen Lücken Zellen und Zellenkerne eingelagert sind. Mit diesem Maschengewebe stehen die oberflächlichen Zellen der Riechschleimhaut in Verbindung und zwar beide Arten, sowohl diejenigen, welche man als Epithelzellen bezeichnet hat, als auch diejenigen, welche man früher als Riechzellen bezeichnete. Sie stehen aber damit in verschiedener Weise in Verbindung. Die einen, die Epithelzellen der Autoren, dadurch, dass sie sich unten in plattenartige Stücke (Fig. 67 *d*) verbreitern, deren Substanz unmittelbar in die des Maschenwerkes übergeht, und die andern, indem sie einen feinen Fortsatz nach abwärts senden, der sich auch in dieses Maschenwerk einsenkt und sich mit demselben verbindet. Man kann also in der Riechschleimhaut nach wie vor zwei Arten von Zellen unterscheiden, die Epithelzellen der Autoren und die schlankeren Riechzellen der Autoren, aber man kann nicht mehr sagen, dass ausschliesslich die einen oder die andern zur Aufnahme der riechenden Substanzen bestimmt seien, denn Exner's Untersuchungen haben gelehrt, dass keine von beiden Arten direct mit den Endigungen des N. olfactorius in Verbindung steht, dass aber beide indirect mit den Endigungen des N. olfactorius in Verbindung stehen, und zwar insofern in ganz gleichwerthiger Weise, als sie beide in ein Maschenwerk übergehen, in welches auch die Enden des N. olfactorius auslaufen.

Fig. 67.



Es ist wahrscheinlich, dass die verschiedenen Gerüche darauf beruhen, dass verschiedene Nervenfasern stärker erregt werden, die mit verschiedenen Centralgebilden in Verbindung stehen, deren Erregung uns verschiedene Geruchsempfindungen hervorruft; aber wir sind hier in der Analyse noch nicht so weit vorgeschritten, wie beim Gesichte und beim Gehör, nicht einmal so weit wie beim Geschmack. Wir benennen die Gerüche wesentlich nur noch nach den Dingen, von denen sie ausgehen. Wir sagen, es rieche etwas nach Veilchen, oder es rieche etwas nach Terpentin, oder es rieche etwas faulig, das heisst es verbreite einen Geruch, wie er von faulenden Körpern ausgeht. Geruchsempfindungen können einander übertäuben, bis zur Unkenntlichkeit; aber wir kennen keine bestimmten Gesetze, nach denen sie sich zusammensetzen.

Damit ein Stoff riechbar sei, muss er zweierlei Eigenschaften haben, er muss erstens flüchtig sein, damit er sich in der Luft verbreiten könne, und zweitens muss er wenigstens bis zu einem gewissen Grade im Wasser löslich sein, weil er sich ja in der Flüssigkeit, mit welcher die Riechschleimhaut durchtränkt ist, verbreiten soll. Anscheinend ist indessen alles beides nicht nöthig. Wir riechen z. B. auch Metalle, wir riechen mit einem eigenthümlichen, wie wir sagen, metallischen Geruche eine

alte Münze, und doch wissen wir nicht mit Bestimmtheit zu sagen, was an dieser Münze flüchtig sei, und was sich in der Riechschleimhaut der Nase auflöse. Es hängt dies mit der ausserordentlichen Empfindlichkeit unseres Geruchssinnes zusammen, der allen chemischen Untersuchungen weit vorauseilt. Es gibt kein Reagens, welches sich an Empfindlichkeit irgendwie mit unseren Geruchsnerven messen könnte. Ein Stückchen Moschus, das zwischen Kleidern aufbewahrt worden ist, und das an die Kleider unwägbare Mengen abgegeben hat, theilt diesen seinen Geruch in der Weise mit, dass er wochenlang an denselben nicht nur in deutlicher, sondern auch in höchst störender, für Manche unerträglicher Weise haftet. Und doch ist das Geruchsorgan des Menschen verhältnissmässig stumpf gegen das Geruchsorgan der Thiere. Schon die reissenden Thiere, z. B. die Hunde haben einen viel feineren Geruch, indem sie der Spur des Menschen, des Wildes und der anderer Hunde folgen und dabei durch den Geruchssinn geleitet werden. Ihr Geruchssinn wird aber nach dem Urtheile erfahrener Jäger von dem der Rehe an Leistungsfähigkeit noch bei Weitem übertroffen.

Aber eines ist nöthig, damit Geruchsempfindungen percipirt werden: dass ein Luftstrom durch die Nase hindurchzieht und an der Regio olfactoria vorübergeht. Es zeigt sich hier wieder, dass wir nur Veränderungen empfinden und keine dauernden Zustände. Es muss den Geruchsnerven immer neue riechende Substanz zugeführt werden, wenn die Geruchsempfindung fortdauern soll. Man kann die Geruchsempfindung zum Verschwinden bringen, sobald man den Athem anhält. Man braucht sich nicht die Nase zu verhalten, man braucht nur den Athem anzuhalten, damit kein Luftstrom durch die Nase zieht, so hört die Geruchsempfindung sofort auf. Sobald man aber den Luftstrom wieder herstellt, stellt sich auch die Geruchsempfindung wieder her. Damit hängt es auch zusammen, dass wir, um eine lebhafte Geruchsempfindung hervorzurufen, die Luft von den zu riechenden Körpern mit Energie in die Nase ziehen. Damit hängt es ferner zusammen, dass bei Facialislähmungen auf der gelähmten Seite der Geruch in der Regel schwächer ist, als auf der gesunden Seite, weil man auf der gelähmten Seite die Luft weniger gut in die Nase einziehen kann, als dies auf der gesunden Seite geschieht, indem, wenn man die Luft einzieht, diese hauptsächlich den Weg durch die gesunde Seite geht, weil sie diesen freier und offener findet, als den auf der kranken Seite.

Es fragt sich: Wie verhält es sich mit den Thieren, die nicht in der Luft leben? Wie verhält es sich mit dem Riechen der Fische? Die Fische haben ein sehr ausgebildetes Geruchsorgan, und doch hat man ihnen den Geruch vollständig abgesprochen. Es ist die Behauptung, dass die Fische nicht röchen, von den englischen Anglern ausgegangen, als dieselben zuerst ausgedehnte Erfahrungen darüber machten, wie sich Fische, z. B. Forellen und Saiblinge, durch einen unechten Köder täuschen liessen, dadurch, dass man Insecten aus Seide, Flor, Rauschgold und anderen Utensilien nachgemacht hatte. Da haben nun die Angler gesagt, wenn der Fisch röche, da müsste er ja die Witterung haben, und dann könnte er nicht auf einen solchen künstlichen Köder anbeissen. Das beruht aber, wie ich glaube, auf einem Missverständnisse, denn der Fisch riecht auch das wirkliche Insect nicht, das über der Oberfläche des

Wassers herumflattert, sondern springt nach demselben, weil er es sieht, und gerade so springt er auch nach dem künstlichen Köder, weil er denselben sieht. Da das Thier im Wasser lebt und nicht in der Luft, so muss auch sein Geruchssinn insofern andere Fähigkeiten haben, als hier nicht Substanzen gerochen werden, die in der Luft verbreitet sind, sondern Substanzen, die im Wasser verbreitet sind, ähnlich wie wir die Substanzen, die im Wasser verbreitet sind, schmecken. Es ist sehr wohl möglich, dass den Fischen ihr Geruchsorgan im Wasser als Wegweiser dient, so dass sie durch dasselbe die Regionen kennen lernen, die ihnen zuträglich sind, und diejenigen, welche ihnen nicht bekommen, diejenigen Regionen, wo sie sich Rechnung machen können ihre Existenz zu finden, wo sie ihren Laich absetzen können u. s. w.

Geschmackssinn.

Verbreitungsgebiet.

Wir haben schon früher bei der Physiologie der Hirnnerven ausführlich besprochen, welche Nerven wir für die Geschmacksnerven halten, welchen Nerven wir einen Antheil an der Geschmacksempfindung zuschreiben. Jetzt tritt aber eine andere Frage an uns heran, die, mit welchen Theilen wir schmecken. Es existirt von den rothen Lippen an bis in den Oesophagus hinein kein Ort, von dem nicht einmal gesagt worden ist, dass er schmecke. Es fragt sich nun: Was ist hieran Thatsächliches? Von welchen Theilen der Schleimhaut können wirklich Geschmacksempfindungen erregt werden? Nach den Untersuchungen von Stich und Klaatsch, die ausführlich mit süssen, sauren, bitteren und salzigen Substanzen experimentirt haben, können Geschmacksempfindungen von dem Rande der Zunge aus erregt werden, von einem Streifen, der um den Rand der Zunge herumgeht, aber oft nur eine Breite von 2 Linien hat; dann von den hinteren zwei Drittheilen der Zungenoberfläche und von der unteren Fläche des weichen Gaumens. Ueber den Rand der Zunge und über die zwei hinteren Drittheile der Zungenoberfläche ist kein Zweifel vorhanden, über das Schmecken am Gaumen sind Zweifel erhoben worden, indem nicht alle Versuche früherer Experimentatoren ein positives Resultat ergeben haben.

Es fragt sich, wie ist es möglich, dass die Angaben über die schmeckenden Partien der Schleimhaut so verschieden ausfallen konnten, und wie kann es überhaupt so grosse Schwierigkeiten haben, das Gebiet zu begrenzen, innerhalb dessen geschmeckt wird? Das hat verschiedene Gründe. Erstens soll bei solchen Versuchen eine Geschmacksempfindung ausgelöst werden von einer verhältnissmässig kleinen Stelle, denn nur dadurch ist es möglich, das Gebiet genau zu begrenzen. Nun wachsen aber die Geschmacksempfindungen mit der Grösse des Areals, welches von der schmeckenden Substanz berührt wird; man kann deshalb sehr fein schmecken, wenn man eine Flüssigkeit im Munde verbreiten kann: von einer kleinen Stelle eine deutliche Geschmacksempfindung hervorzurufen, hat seine Schwierigkeiten. Es ist auch nicht gestattet, die Zunge

in den Mund zurückzunehmen, weil sich sonst die Substanz in der Mundhöhle verbreitet; somit fällt auch das gewöhnliche Umhertreiben der zu schmeckenden Substanzen und das Ansaugen an den Gaumen, wie es beim Kosten stattfindet, weg. Es ist noch das beste Verfahren, dass man auf die beschränkte schmeckende Stelle die zu untersuchende Substanz dauernd einstreicht oder gelinde einreibt; eine blos einmalige Berührung hat nicht dasselbe Resultat, als wenn man mit einem Pinsel oder mit dem Finger die schmeckenden Substanzen einige Zeit mit der Zunge in Berührung bringt. Ein zweiter Grund liegt darin, dass möglicher Weise das Verbreitungsgebiet nicht für alle schmeckenden Substanzen ein und dasselbe ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die verschiedenen Geschmacksempfindungen des Süssen, des Sauren, des Bitteren nicht auf verschiedenen Erregungszuständen einer und derselben Nervenfaser, sondern dass sie auf Erregungszuständen verschiedener Nervenfasern beruhen, deren Verbreitungsgebiet ja nicht nothwendig übereinanderzufallen braucht. Denn wir müssen auch hier, wie anderswo, davon ausgehen, dass die qualitativ verschiedenen Empfindungen uns erzeugt werden durch qualitativ verschiedene Centralgebilde, und dass demnach jede Empfindung von aussen her nur dann hervorgerufen wird, wenn Nervenfasern erregt werden, die mit dem sie erzeugenden Centralgebilde in Verbindung stehen. Es konnten also verschiedene Experimentatoren, je nach den Substanzen, mit welchen sie vorzugsweise experimentirten, ein verschiedenes Verbreitungsgebiet für die schmeckende Region erhalten. Drittens liegt eine wesentliche Schwierigkeit bei den Geschmacksversuchen darin, dass die Geschmacksempfindungen sich mit Gefühlsempfindungen und mit Geruchsempfindungen combiniren. Dass sie sich mit Geruchsempfindungen combiniren liegt auf der Hand. Es ist bekannt, dass Menschen, die keinen Geruch haben, auch rücksichtlich vieler Substanzen ein nur unvollkommenes Unterscheidungsvermögen in Bezug auf den specifischen Geschmack besitzen. Die Empfindungen von Süss, Sauer, Salz und Bitter existiren für sie noch, aber sie haben nicht den specifischen Geschmack des Käses, nicht den specifischen Geschmack der Fleischbrühe; Chloroform, Alkohol, Aether werden als süss, süss und brennend, bitter und brennend bezeichnet. Aber auch mit Gefühlsempfindungen combiniren sich Geschmacksempfindungen. Es ist kein Zweifel, dass die Geschmacksempfindungen des Kühlenden, des Brennenden, des Herben, ja selbst des Sauren immer eine gewisse Beimischung von einer Gefühlsempfindung haben. Es ist in dieser Beziehung sehr bezeichnend, dass Kranke, denen wegen Durchschneidung des Ramus lingualis Nervi trigemini mit dem Geschmacke auch die Tastempfindung verloren gegangen ist, schon ohne vorhergehende Untersuchung sagen, dass sie vorne nur bis zur Halbscheid der Zunge schmecken, während reine Geschmackslähmungen einseitig oft ohne Wissen des Kranken bestehen. Man bringt Chinin auf die gesunde Seite; es wird sofort deutlich geschmeckt; man bringt es ganz in derselben Weise auf die kranke Seite; es wird nicht geschmeckt. Nun lässt man den Patienten den Mund schliessen, das Chinin verbreitet sich in der Mundhöhle und nun gibt er an, er schmecke es auf beiden Seiten. Der Geschmackssinn ist dabei, ich möchte sagen, der unsicherste, der unverlässlichste von allen unseren Sinnen. Seine Verlässlichkeit ist nicht zu vergleichen mit der des

Gesichtssinns und des Gehörssinns, auch selbst nicht mit der des Geruchssinns. Wenn man wirklich über das Unterscheidungsvermögen des Geschmacksorganes experimentirt, so findet man, dass dasselbe keineswegs so verlässlich ist, als dies Laien gewöhnlich zu glauben pflegen. Weintrinker sind nicht im Zweifel darüber, dass der rothe Bordeaux einen von allen weissen Weinen verschiedenen Geschmack habe, und dass nichts leichter sei, als ihn von solchen zu unterscheiden. Die einen trinken nur weissen Wein und mögen durchaus keinen rothen, die andern trinken dagegen nur rothen Wein. Nichtsdestoweniger kann man zeigen, dass selbst über solche Unterschiede, die ganz zweifellos scheinen, sich Menschen täuschen können. Wenn man Jemandem die Augen verbindet und ihm rothen und weissen Wein zu kosten gibt, so unterscheidet er ihn das erste Mal allerdings richtig; wenn er aber einige Male hin- und hergekostet hat, so fängt er, wenigstens bei gewissen Sorten weissen Weines, an Fehler zu machen, so dass man sieht, dass sein Unterscheidungsvermögen jetzt nicht mehr die volle Sicherheit hat. Es ist dies ein Experiment, das oft gemacht ist, und bei dem manche Wette verloren wurde.

Das sind die Gründe, weshalb sich Geschmacksversuchen nicht unbedeutende Schwierigkeiten entgegensetzen.

Die Zunge.

Unser wesentliches Geschmacksorgan ist die Zunge. Wir wollen diese näher betrachten und sehen, ob wir hier die ersten Angriffspunkte für die schmeckenden Substanzen finden können.

Die Zunge trägt bekanntlich eine Schleimhaut, die mit einem geschichteten Pflasterepithel bekleidet ist, unter welchem eine Menge Schleimdrüsen liegen, die Glandulae linguales, und in der eine grosse Zone von peripherischen Lymphdrüsen liegt, welche sich von der Wurzel der einen Tonsille quer über die Zunge zur Wurzel der andern Tonsille hinüberzieht. Es sind dies die sogenannten Balgdrüsen. An der Oberfläche der Schleimhaut befinden sich drei Arten von Papillen, die wir als Papillae filiformes, Papillae fungiformes und Papillae circumvallatae unterscheiden. Die Papillae filiformes bestehen aus einer im Allgemeinen conischen Hervorragung der Schleimhaut, in welche eine kleine Arterie hineingeht, darin ein zierliches Capillarnetz bildet, und aus welchem wieder eine kleine Vene das Blut abführt. Die Papillae filiformes sind mit einem sehr dicken geschichteten Pflasterepithel überkleidet. An den Spitzen der Papillae filiformes verlängern sich die Epithelzellen und liegen dabei dachziegelförmig aufeinander. Sie bilden zwar beim Menschen nicht, wie bei den Katzenthieren, förmliche Stacheln, aber sie bilden doch ein oder mehrere ziemlich lange spitzige Hervorragungen. Die spitzigen Hervorragungen können manchmal so lang werden, dass durch dieselben die ganze Zunge wie behaart erscheint, indem man in der That, wenn man über dieselben streicht, eine Menge haarförmiger Gebilde in die Höhe richtet, welche nichts Anderes sind, als die Epithelfortsätze der Papillae filiformes. Der Ausdruck behaarte Zunge, der mehrfach für solche Fälle gebraucht worden ist, ist insofern unrichtig, als dies nicht wirkliche Haare sind, indem sie nicht den Bau eines Haares haben und nicht nach Art eines Haares in den Mutterboden eingepflanzt sind. Sie haben aber allerdings mit den Haaren gemein ihre fadenförmige Gestalt und das, dass sie eben Horngebilde sind, wie die

Haare. Zwischen den Epithelzellen wuchert hier und anderswo auf der Zunge häufig in grosser Menge ein kleiner Pilz, der seine Fäden zwischen die einzelnen Epithelialzellen eindrängt, die Zellen umspinnt und überspinnt, und auf diese Weise die Hauptmasse des gelbweissen Beleges auf der Zunge bildet, den man mit dem Namen des katarrhalischen Beleges bezeichnet. Man hat eine Zeit lang geglaubt, dass dieser Beleg nur aus gelockerten und deshalb undurchsichtig gewordenen Epithelzellen bestehe; die mikroskopische Untersuchung lehrt aber, dass darin zu gleicher Zeit eine grosse Menge von Fäden und Sporen dieses Pilzes enthalten ist.

Die zweite Art der Papillen, sind die Papillae fungiformes. Diese stehen nur vereinzelt und sparsam auf dem vorderen Drittheil der Oberfläche der Zunge, aber sie stehen in grösserer Menge auf den zwei hinteren Drittheilen der Zunge und auf dem ganzen Rande der Zunge vertheilt. Sie haben die Form eines etwas plattgedrückten Knöpfchens, eine Form, welche man mit der gewisser Pilze verglich und deshalb diesen Papillen den Namen der Papillae fungiformes gab. Sie sind mit einem geschichteten Pflasterepithel überzogen, das aber dünner ist und nicht so verhornt, wie das, welches die Papillae filiformes überzieht. Zu diesen Papillen ziehen zahlreiche Nerven hin, welche offenbar in denselben endigen.

Die dritte Art der Papillen sind die Papillae circumvallatae. Sie stehen in Form eines römischen V auf der Wurzel der Zunge, stellen ihrer Gestalt nach im Allgemeinen kurze Cylinder oder abgestumpfte Kegel dar und sind ringsum mit einer grabenförmigen Vertiefung umgeben. In diese grabenförmige Vertiefung mündet ein ganzer Kranz von Schleimdrüsen ein, deren Körper zwischen den Muskelfasern der Zunge liegen, und welche mit ihren Ausführungsgängen in der Tiefe des Grabens die Schleimhaut durchbohren. Das Plateau der Papille hat eine, durch Erhebungen und Vertiefungen variirte Oberfläche, und darüberhin geht das geschichtete Pflasterepithel, welches auch die übrige Zunge überkleidet. Auch in diese Papillen treten zahlreiche Nerven und Gefässe hinein.

Wenn wir nun fragen, welche von diesen Papillen dem Geschmacke dienen, so müssen wir zunächst antworten, dass wahrscheinlich die Papillae filiformes mit der Geschmacksempfindung nichts zu thun haben. Sie scheinen erstens arm an Nerven zu sein, zweitens haben sie eine sehr dicke Oberhaut, welche gar nicht dazu angethan ist, den schmeckenden Stoffen den Eintritt zu den Nerven leicht zu eröffnen. Weiter kommen sie vor auf der ganzen Oberfläche der Zunge, auch auf dem vorderen Drittheil derselben, wo die Geschmacksempfindung jedenfalls sehr stumpf ist, nach Einigen, wie nach Stich und Klaatsch, gänzlich fehlt. In Rücksicht auf die Papillae circumvallatae macht schon ihr Nervenreichthum und ihre Lage an der Wurzel der Zunge, wo wir Geschmacksempfindungen, namentlich die des Bitteren, gewöhnlich mit grosser Intensität verspüren, wahrscheinlich, dass sie der Geschmacksempfindung dienen. Aber wir können mit Sicherheit sagen, dass es nicht die Papillae circumvallatae allein sind, mit welchen wir schmecken, da wir auch durch Theile der Zunge, in welchen keine solche, wohl aber Papillae fungiformes, vorhanden sind, Geschmacksempfindungen haben. Dies sind nicht allein Theile der Oberfläche, in welchen keine Papillae circumvallatae liegen, sondern auch der Rand der Zunge, wo keine Papillae circumvallatae, aber reichliche Papillae fungiformes zu finden sind. Die Papillae circumvallatae

und die Papillae fungiformes sind es, welche wir als die schmeckenden Gebilde der Zunge ansehen müssen.

Nun ist vor einer langen Reihe von Jahren zu beiden Seiten an der Zungenwurzel des Kaninchens ein Organ gefunden worden, das aus lauter kleinen, parallel nebeneinander liegenden Schleimhautfalten besteht. Dieses Organ scheint zuerst Rapp bekannt gewesen zu sein und ist später im Jahre 1842 ausführlich bei einer Reihe von Säugethieren und auch beim Menschen, bei dem es wenig entwickelt ist, von Professor Mayer in Bonn beschrieben worden. Es ist seitdem unter dem Namen Papilla foliata bekannt und ist in neuerer Zeit mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Es hat Brühl schon vor 24 Jahren zwischen den Blättern dieser Papilla foliata an der Oberfläche der Schleimhaut kleine rundliche Gebilde gefunden, die er damals für Drüsen hielt. Solche sind in neuerer Zeit von Lovèn, Schwalbe, von Wyss und Engelmann näher untersucht worden, und es hat sich gezeigt, dass sie eigenthümliche, in das Epithel eingebettete Gebilde sind, die wahrscheinlich mit Nerven in Verbindung stehen, und welche man deshalb mit dem Namen der Schmeckbecher bezeichnet. Diese sogenannten Schmeckbecher finden sich nicht nur in den Falten der Papilla foliata, sondern auch in den Papillis circumvallatis, und zwar an den beiden Wänden des Grabens, welcher dieselben umgibt. Sie finden sich ferner auch an den Papillis fungiformibus mehr vereinzelt, theils eine, theils zu zweien auf dem Durchschnitte, so dass man sie jetzt nicht nur bei den Säugethieren, sondern auch beim Menschen an denjenigen Papillen gefunden hat, welchen man Geschmacksvermögen zuschreibt. Auch an den grösseren Papillen des weichen Gaumens, namentlich am oberen Theile der Uvula sind sie nachgewiesen worden. Die Schmeckbecher sind kleine in das Epithel eingebettete und aus verlängerten Epithelzellen gebildete Organe von der Gestalt, wie sie beistehende Fig. 68 zeigt. In denselben liegen längliche, zu beiden Seiten des Kernes in stab- oder schienenförmige Stücke ausgehende Zellen, welche mit ihren peripherischen Enden etwas zur Oeffnung des Schmeckbechers (Fig. 68 *c*) herausragen. Man glaubt nun, dass diese Gebilde mit den Nerven in Verbindung stehen, welche in die Papille hineingehen, und die man zu ihnen hinziehen sieht. Die Verbindung selbst ist nicht mit Sicherheit beobachtet worden. Da man aber die Schmeckbecher an denjenigen Partien findet, mit welchen geschmeckt wird, da man die Nerven zu ihnen hinziehen sieht, so ist es im hohen Grade wahrscheinlich, dass in der That die schmeckenden Substanzen in sie eindringen und hier Gebilde erregen, die mit den Nerven in Zusammenhang stehen. Es ist indessen sehr zweifelhaft, ob sie die einzigen Geschmacksorgane sind. Sertoli hat in der Papilla foliata des Pferdes mittelst Goldfärbung intraepitheliale

Fig. 68.



Nach Hans von Wyss.

Nervenverzweigungen gefunden, von denen es ihrer geschützten Lage wegen nicht wahrscheinlich ist, dass sie den Tastempfindungen dienen. Vielleicht dienen die Schmeckbecher nur einer bestimmten Geschmacksempfindung, die durch eine bestimmte Art von Nerven vermittelt wird.

Geschmacksempfindungen.

Wir haben oben gesehen, dass die verschiedenen Geschmacksempfindungen wahrscheinlich nicht verschiedene Erregungszustände in ein und derselben Faser sind, sondern, dass sie wahrscheinlich Erregungszustände verschiedener Arten von Nerven sind, die miteinander in das schmeckende Organ eintreten. Wenn wir fragen, welche Eigenschaft eine Substanz haben muss, um überhaupt Geschmacksempfindung zu erregen, so können wir im Allgemeinen nur sagen, dass sie zunächst löslich sein muss, damit sie sich überhaupt in der Flüssigkeit, welche die Zungenschleimhaut durchtränkt, verbreiten kann. Wir wissen aber, dass viele lösliche Substanzen durchaus keinen Geschmack haben, oder dass sie wenigstens einen so unbestimmten Eindruck auf die Geschmacksnerven machen, dass wir den Geschmack als fade bezeichnen. Mit anderen Worten, sie afficiren die Nervenendigungen nicht viel anders, als diese schon von der Mundflüssigkeit afficirt werden, mit welcher dieselben immer in Berührung stehen. In Rücksicht auf andere Substanzen aber, denen wir einen specifischen Geschmack zuschreiben, theilen wir den Geschmack in gewisse Kategorien ein, welche in einem gewissen Zusammenhange mit den chemischen Eigenschaften der Substanzen stehen. Von diesen Kategorien sind die am besten begrenzten, die des Salzigen, des Süssen, des Sauren, des Bitteren und diese sind insofern an gewisse chemische Verbindungen geknüpft, als Reihen von unter sich verwandten chemischen Verbindungen, gerade diese Geschmacksempfindungen hervorrufen. So ruft ein grosser Theil der Körper, die wir Säuren nennen, uns die Geschmacksempfindung des Sauren hervor. Die Zucker und das Glycerin, freilich auch mehrere andere, mit diesen durchaus chemisch nicht verwandte Körper, rufen uns die Geschmacksempfindung des Süssen hervor, das Chlornatrium und Chlorammonium rufen uns die Geschmacksempfindung des Salzigen hervor, und eine Reihe von organischen Basen, aber auch andere organische Verbindungen, rufen uns die Empfindung des Bitteren hervor. Es ist jedoch dieser Zusammenhang zwischen den Stoffen und den Geschmacksempfindungen, welche sie erregen, durchaus kein solcher, dass er in grösserer Ausdehnung in Rücksicht auf das chemische System durchgeführt werden könnte. Wenn wir also von der Idee ausgehen, dass verschiedene Geschmacksempfindungen auf der Erregung von verschiedenen Nerven beruhen, können wir nur sagen: Diejenigen Nerven, welche uns die Empfindung des Sauren erregen, werden von denjenigen Körpern am stärksten erregt, welche wir Säuren nennen, oder vielmehr von einer Reihe dieser Körper, und diejenigen Nerven, welche uns die Geschmacksempfindung des Süssen zubringen, werden am meisten erregt von den Zuckerarten u. s. w.

Es lehrt nun die Erfahrung, dass gewisse Geschmacksempfindungen einander compensiren können, ohne dass die chemischen Eigenschaften der erregenden Körper einander compensiren. Es ist bekannt, dass etwas, was

uns unangenehm sauer schmeckt, durch Zucker corrigirt werden kann, und dass es auch bis zu einem gewissen Grade durch Kochsalz corrigirt werden kann; und doch sind Zucker oder Kochsalz keine Substanzen, die die Eigenschaften der Säure neutralisiren könnten. Man muss also zu der Anschauung kommen, dass die Erregungszustände im Centralorgane einander compensiren, denn man kann nicht annehmen, dass der Zucker oder das Salz die eine Art von Nerven, die mit welchen wir sauer schmecken, weniger erregbar mache für Säuren. Die Anschauung, dass es sich um eine Compensation der Empfindungen im Centralorgane handle, findet auch darin ihre Bestätigung, dass wir nicht sagen können, dass die Geschmacksempfindung als solche schwächer wird. Wenn Säuren durch Zucker oder Salz corrigirt werden, wird die Geschmacksempfindung dadurch nicht schwächer, wir finden unsere Zunge nicht weniger afficirt, aber die Geschmacksempfindung wird weniger unangenehm, weniger lästig. Darauf beruhen die Corrigentia, sowohl in der Koch- als auch in der Receptirkunst.

Tastsinn und Gemeingefühl.

Wir gehen zu einem andern Sinne über, zum Tastsinne. Durch den Tastsinn haben wir das Vermögen räumliche Verhältnisse zu unterscheiden, indem wir von der Oberfläche unseres Körpers Localzeichen erhalten, welche zum Centralorgane fortgepflanzt werden. Die Anzahl der Localzeichen, welche wir von einem gegebenen Stücke unserer Oberfläche bekommen können, ist je nach dem Orte dieses Stückes sehr verschieden. Darüber hat Ernst Heinrich Weber eine ausgedehnte Reihe von Versuchen angestellt, die darin bestanden, dass er einem Menschen, dessen Augen verbunden waren, zwei Cirkelspitzen aufsetzte und untersuchte, wie weit er diese beiden Spitzen nähern konnte, während sie noch als doppelt empfunden wurden, also noch von jeder der beiden Spitzen ein gesondertes Localzeichen zum Gehirne gesendet wurde. Er fand auf diese Weise folgende Entfernungen als die kleinsten für getrennt wahrnehmbare Eindrücke:

An der Zungenspitze	$^1/_2$	Par.	Lin.
An der Volarseite des letzten Fingergliedes	1	„	„
Am rothen Theile der Lippen	2	„	„
An der Volarseite des zweiten Fingergliedes	2	„	„
An der Dorsalseite des dritten Gliedes der Finger	3	„	„
An der Nasenspitze	3	„	„
An der Volarseite der Capitula ossium metacarpi	3	„	„
Auf der Mittellinie des Zungenrückens, 1 Zoll weit von der Spitze	4	„	„
Am Rande der Zunge, 1 Zoll von der Spitze	4	„	„
Am nicht rothen Theile der Lippen	4	„	„
Am Metacarpus des Daumens	4	„	„
An der Plantarseite des letzten Gliedes der grossen Zehe	5	„	„
Auf der Rückenseite des zweiten Gliedes der Finger	5	„	„

An den Backen	5	Par. Lin.
An der äusseren Oberfläche des Augenlides	5	„ „
An der Mitte des harten Gaumens	6	„ „
An der Haut auf dem vorderen Theile des Jochbeines	7	„ „
An der Plantarseite des Mittelfussknochens der grossen Zehe	7	„ „
Auf der Rückenseite des ersten Gliedes der Finger	7	„ „
Auf der Rückenseite der Capitula ossium metacarpi	8	„ „
Auf der inneren Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleische	9	„ „
An der Haut auf dem hinteren Theile des Jochbeines	10	„ „
Am unteren Theile der Stirn	10	„ „
Am hinteren Theile der Ferse	10	„ „
Am behaarten unteren Theile des Hinterhauptes	12	„ „
Auf dem Rücken der Hand	14	„ „
Am Halse unter der Kinnlade	15	„ „
Auf dem Scheitel	15	„ „
An der Kniescheibe und in ihrer Umgebung	16	„ „
Auf dem Kreuzbeine	18	„ „
Auf dem Glutaeus	18	„ „
Am oberen und unteren Theile des Unterarmes	18	„ „
Am oberen und unteren Theile des Unterschenkels	18	„ „
Auf dem Rücken des Fusses in der Nähe der Zehen	18	„ „
Auf dem Brustbeine	20	„ „
Am Rückgrate, am Nacken unter dem Hinterhaupte	24	„ „
Am Rückgrate in der Gegend der 5 oberen Brustwirbel	24	„ „
Am Rückgrate in der Lenden- und oberen Brustgegend	24	„ „
Am Rückgrate an der Mitte des Halses	30	„ „
Auf der Mitte des Oberarmes und Oberschenkels	30	„ „

Es steht nun zwar im Allgemeinen die Menge der Localzeichen, die gleichzeitig von einem Areal kommen kann, in Zusammenhang mit der Menge der Nerven, welche sich auf diesem Areal verbreiten; man darf sich aber nicht etwa denken, dass, wenn man die beiden Cirkelspitzen als einfach empfindet, sie dann nothwendig innerhalb des Verbreitungsgebietes einer einzigen Nervenfaser stehen.

Man hat sich die Haut nicht zu denken als eingetheilt in Bezirke, so dass ein Bezirk der Nervenfaser *a*, ein zweiter Bezirk der Nervenfaser *b* und ein dritter der Nervenfaser *c* angehört, und hat sich nicht zu denken: Wenn ich die beiden Cirkelspitzen so aufsetze, dass sie beide innerhalb des Verbreitungsgebietes der Nervenfaser *a* fallen, müssen sie einfach empfunden werden, wenn aber eine der Spitzen im Verbreitungsgebiete der Nervenfaser *a*, die andere im Verbreitungsgebiete *b* zu liegen kommt, dann müssen sie doppelt gefühlt werden. Dann müsste es dem Zufalle anheimgestellt werden, ob ich mit derselben Oeffnung der Cirkelspitzen einmal beide im Verbreitungsgebiete *a* aufsetze oder die eine im Gebiete von *a*, die andere im Gebiete von *b*. Eine solche Abgrenzung im Verbreitungsgebiete der Nerven der Haut existirt nicht: diese schieben sich vielmehr zwischen einander ein, so dass ein und dasselbe Hautstück gleichzeitig von mehreren Nervenfasern versorgt wird. Wenn ich die beiden Cirkelspitzen als doppelt empfinde, so heisst dies nichts anderes, als dass ich jetzt mit beiden Cirkelspitzen so weit verschiedene Nervenfasern treffe, dass die Localzeichen, die im Gehirne anlangen, hin-

reichend von einander verschieden sind, um eben als doppelt empfunden zu werden.

Lichtenfels und Fröhlich haben nachgewiesen, dass der Abstand der Cirkelspitzen, bei dem sie an einer bestimmten Stelle noch eben als zwei empfunden werden, abhängt vom Unterscheidungsvermögen im Centralorgan, dass der Abstand nicht nur zunimmt, wenn dieses durch Narkotika in seiner Erregbarkeit herabgesetzt wird, sondern auch abnimmt, wenn letztere gesteigert wird. Man kann sich also bildlich vorstellen, dass die Erregungen im Centralorgane Zerstreuungskreise werfen, die bald grösser bald kleiner sind, je nach seinem actuellen Zustande.

Czermak hat ferner gezeigt, dass es auch nicht ganz gleichgültig ist, ob man die beiden Cirkelspitzen gleichzeitig oder nacheinander aufsetzt. Wenn man die beiden Cirkelspitzen nacheinander aufsetzt, so werden in kleineren Abständen die Spitzen noch als doppelt empfunden, als wenn man sie gleichzeitig aufsetzt. Das wird von dem sogenannten mechanischen Zerstreuungskreise abgeleitet. Wenn ich eine Cirkelspitze aufsetze, so bringe ich dadurch eine Depression hervor, ich mache einen flachen Trichter. Ich wirke also durch den Druck der Spitzen nicht blos auf einen Punkt, sondern auf einen Punkt am stärksten, aber auch noch auf die umgebenden Punkte, in welchen die Haut auch herabgedrückt wird, und die Summe dieser umgebenden Punkte bezeichnet man mit dem Namen des mechanischen Zerstreuungskreises. Setze ich nun die beiden Cirkelspitzen nebeneinander auf, so ist beiden Zerstreuungskreisen ein Stück gemeinsam. Es ist das ganze Stück zwischen den Cirkelspitzen deprimirt. Setze ich dagegen die Cirkelspitzen nacheinander auf, so mache ich erst an der einen Stelle eine Depression und dann an der andern. Es fallen also jetzt die mechanischen Zerstreuungskreise bei demselben Abstande der Cirkelspitzen nicht in derselben Art theilweise zusammen, wie dies der Fall ist, wenn ich die beiden Cirkelspitzen gleichzeitig aufsetze.

Es tritt nun weiter die Frage an uns heran: In wie weit sind die anderweitigen Empfindungen, welche uns von der Haut zugehen, auch Empfindungen der Tastnerven. Man unterscheidet eine Reihe von Empfindungen als dem Gemeingefühle angehörig, indem man es gewöhnlich so auffasst, dass man bei den Sinneswahrnehmungen und auch beim eigentlichen Tasten in der Vorstellung nicht seinen eigenen Körper, sondern die Objecte fühlt, die man ansieht, die man riecht, die man hört, die man betastet; dass wir dagegen bei gewissen anderen Empfindungen das Gefühl haben, dass wir unseren eigenen Körper empfinden, und dies bezeichnet man mit dem Namen des veränderten Gemeingefühles. Als den Veränderungen des Gemeingefühles angehörig sieht man also an Schmerz, Kitzel, Schaudern, Unbehagen u. s. w.

Es fragt sich also: Wenn die Haut gekitzelt wird, und zwar so weit, dass dadurch ein Schaudern als Reflex in den Nerven der glatten Muskelfasern der Haut ausgelöst wird, oder das Lachen, also Reflex in den Respirationsmuskeln entsteht; ist dieses Kitzeln auch eine Empfindung der Tastnerven oder kommt mir diese durch andere Nerven zu? Ich glaube, dass das Kitzeln nichts Anderes ist, als eine besondere Art der Empfindung in unseren Tastnerven. Das Kitzeln entsteht dann, wenn

entweder eine Gruppe von Tastnerven sehr oft hintereinander schwach erregt wird, oder, wenn nacheinander Gruppen von Tastnerven schwach erregt werden. Es entsteht, wenn ich mit einem Federbart oder einem Strohhalm leise über die Haut hinfahre, es entsteht aber auch dann, wenn ich den Finger an eine schwingende Saite bringe, so dass sie sehr rasch hintereinander dieselbe Gruppe von Nerven wiederholt erregt.

Wir fragen dann weiter, ob der Schmerz, der uns erregt wird, wenn heftig gerieben wird, oder wenn die Haut gekneipt wird u. s. w., ob uns dieser auch durch die Tastnerven zugeht oder nicht. Es ist jetzt die Ansicht von Johannes Müller ziemlich allgemein angenommen, dass der Schmerz von gewöhnlichen Empfindungsnerven herrühre, die im Allgemeinen unseren Tastnerven als gleichwerthig zu betrachten sind und die eben in sehr hohem Grade erregt worden sind. Darnach müsste man also sagen, die höheren Grade von Erregungen der gewöhnlichen Empfindungsnerven sind es, welche wir als Schmerz empfinden. Man hat sich freilich auf die qualitativen Verschiedenheiten des Schmerzes, auf einen stechenden, einen schneidenden, einen drückenden Schmerz u. s. w. berufen; aber es lassen sich diese Verschiedenheiten auch auf die verschiedene Art der Erregung zurückführen. Wenn eine bestimmte kleine Gruppe von Nerven in sehr hohem Grade erregt wird, so haben wir einen stechenden Schmerz. Pflanzt sich die Erregung linear fort, dann haben wir einen schneidenden Schmerz. Wird dagegen eine grössere Menge von Nerven schwächer aber gleichzeitig erregt, dann haben wir einen drückenden Schmerz u. s. w.

Ein sehr wichtiger Einwand gegen diese Theorie ist gemacht worden. Es sind nämlich Fälle beobachtet worden, in denen die Empfindlichkeit gegen Schmerz verloren gegangen war, und doch noch ein ziemlich gutes Tastgefühl existirte. Man kann diese Beobachtungen nicht von der Hand weisen; eine derselben, die berühmteste, wurde von einem Genfer Arzt Vieusseux, der seinen Zustand ausführlich beschrieb, an sich selbst gemacht. In neuerer Zeit hat diese Thatsache weitere Bestätigung gefunden durch die Aussagen, welche Individuen über ihren Zustand in der Aether- oder Chloroformnarkose gemacht haben. Sie haben nicht selten ausgesagt, sie wären so weit narkotisirt worden, dass sie keinen Schmerz empfunden hätten, aber sie hätten noch gehört, gesehen, sie hätten noch die Dinge gefühlt. Es scheint dies auf den ersten Anblick zu beweisen, dass verschiedene Arten von Nerven uns die Tastempfindungen und die Schmerzempfindungen vermitteln. Man kann aber die Sache auch anders erklären. Man kann sie sich auch so erklären, dass zwar noch Eindrücke zum Gehirne fortgepflanzt werden können, dass aber diese Eindrücke im Centralorgane nicht mehr diejenige Höhe erreichen können, um eben Schmerzempfindungen zu veranlassen, und dass deswegen die betreffenden Individuen zwar noch fühlen, aber keinen Schmerz empfinden. Man kann aber die Sache auch noch in anderer Weise erklären. Man kann sich vorstellen, dass im Gehirne, abgesondert von den Theilen, in denen unsere Tastempfindungen ausgebildet werden, eigene Gebilde vorhanden seien, deren Erregung uns Schmerz verursacht, und die ich als Schmerzcentra bezeichnen will. Sie könnten von den Tastnerven aus erregt werden, aber nur durch Reize von einer gewissen Stärke, von einer grösseren Stärke, als sie nöthig ist, um Tastempfindungen zu erregen.

Es würde für sie eine eigene Reizschwelle, die Schmerzschwelle, existiren, und sie würden vermöge dieser gewissermassen als Wächter für die Integrität unseres Leibes aufgestellt sein, indem sie uns, sobald die Schmerzschwelle überschritten wird, zur Abwehr oder Flucht aufrufen. Denke ich mir nun, dass speciell diese Centra bei Vieusseux gelähmt waren, und dass das Chloroform diese Centra zuerst lähmt, so begreift sich der anscheinend so räthselhafte Zustand.

Wir kommen jetzt zu einer zweiten, fast noch schwierigeren Frage, zu der: Wie ist es mit den Temperaturempfindungen? Wir wissen, dass wir im Ganzen warm empfinden, wenn das Blut reichlich durch die Capillaren unserer Haut hindurchcirculirt, und dass wir kalt empfinden, wenn das Blut aus den Capillaren unserer Haut zurückweicht und sich im Innern des Körpers anhäuft. Ein Fieberkranker, der im heissen Sommer vom Froste geschüttelt wird, fühlt sich an seiner ganzen Körperoberfläche kalt. Es ist sein Blut aus den Capillaren der Haut zurückgewichen und hat sich im Innern des Körpers, namentlich in Leber und Milz, angehäuft. Ein Individuum, das eben aus einem kalten Bade von 9° bis 10° kommt, kann, wenn es sich nur kurze Zeit darin aufgehalten hat, so dass gleich eine sehr starke Reaction eintritt, sich auf seiner Hautoberfläche vollkommen warm fühlen, obwohl diese eben erkältet worden ist. Sieht man aber seine Haut an, so findet man, dass sie geröthet ist von reichlich zufliessendem Blute, und damit hängt es zusammen, dass das betreffende Individuum sich warm fühlt. Ich kann mir demnach vorstellen: Wenn ich einen warmen Körper anfühle, so erwächst mir das Gefühl der Wärme, weil jetzt das Blut an der betreffenden Stelle in die Capillaren der Haut einströmt, und umgekehrt, wenn ich einen kalten Körper anfühle, so erwächst mir das Gefühl der Kälte, weil das Blut aus den Capillaren zurückweicht. Es bleibt mir dabei unbenommen, mir vorzustellen, dass die Nerven auch durch die Temperaturveränderung direct verändert werden und somit auch das Gefühl, mit welchem sie im Centralorgane empfunden werden.

Es sind indessen doch ernstliche Schwierigkeiten vorhanden. Erstens ist das Unterscheidungsvermögen für warm und kalt keineswegs überall da am besten, wo die Tastempfindungen am besten sind. Es wird z. B. in manchen Gegenden empfohlen, beim Zurichten von Bädern nicht die Hand, sondern den Ellenbogen hineinzustecken, weil die Erfahrung gelehrt hat, dass man eine zu grosse Wärme des Bades mit dem Ellenbogen sicherer empfindet, als mit der Hand, obgleich dort das Unterscheidungsvermögen für Tasteindrücke und die Summe der Nervenfasern eine viel geringere ist als an der Hand: und doch ist das Wärmegefühl keineswegs unabhängig von der Summe der Nervenfasern, welche zugleich afficirt werden; denn, wenn ich einen Finger ins Wasser hineinstecke, so schätze ich die Temperatur weniger sicher, als wenn ich die ganze Hand hineinstecke und da wieder weniger sicher, als wenn ich den ganzen Arm eintauche.

Es existiren ferner ähnliche Beobachtungen, wie sie über den Schmerz gemacht wurden, auch über die Temperaturempfindung. Es existiren Angaben, dass an Kranken die Temperaturempfindung verloren gegangen sei, dass dagegen die gewöhnliche Tastempfindung noch erhalten war; und hier kommt man nicht ohne Weiteres mit der Erklärung aus, mit der wir uns beim Schmerze geholfen haben, mit der Erklärung, dass

die Eindrücke zwar zum Centralorgan fortgeleitet, aber dort nicht zur hinreichenden Höhe angesammelt worden wären, oder dass sie nicht stark genug waren, um zu den wärmeempfindenden Centren fortgepflanzt zu werden.

Man kann endlich bisweilen die Beobachtung machen, dass durch Temperatursreize und durch mechanische Reize verschiedene Reflexe ausgelöst werden. Ich habe vor nicht langer Zeit einen interessanten Fall dieser Art gesehen. Dr. Tschatschkin aus Odessa war hier im Laboratorium mit Versuchen über Wärmeregulirung beschäftigt. Er durchschnitt zu diesem Zwecke Kaninchen den Hirnstamm mittelst eines Schnittes durch die Varolsbrücke. Als ich eines Tages ins Laboratorium kam, fand ich eines seiner Thiere liegend mit eigenthümlichen Gehbewegungen, wie sie diese Thiere häufig zeigten. Die Thiere lagen auf der Seite, machten aber in ganz regelmässigem Tempo Bewegungen mit den Extremitäten, wie beim Gehen. Ich fasste das Thier an einer Extremität an und drückte sie etwas zusammen. Augenblicklich hörten die Gehbewegungen auf, und das Thier lag vollkommen still. Ich liess das Bein los, es setzte sich wieder in Bewegung. Ich nahm eine Hautfalte und drückte sie in derselben Weise wie früher das Bein, das Thier lag vollkommen still. Ich liess sie wieder los, das Thier setzte sich wieder in Bewegung. Ich nahm eines der Ohren und drückte es zwischen den Fingern; das Thier lag wieder vollkommen still, und als ich das Ohr losliess, setzte es sich wieder in Bewegung. Ich konnte diese Versuche, so oft ich wollte, wiederholen, das Resultat war immer dasselbe. Es war durch eine Erregung, die zum Centralorgan fortgepflanzt worden war, eine Reflexhemmung entstanden, es waren motorische Impulse, die sonst die Bewegung ausgelöst hätten, gehemmt worden. Nun machte ich in einem Reagirglase Wasser siedend und versuchte, ob ich dadurch, dass ich durch das siedende Wasser einen Schmerz erzeugte, die Gehbewegungen stillstellen könne. Aber dies war vollkommen wirkungslos. Das Thier machte einige Bewegungen, als ob es sich dem Reize entziehen wollte, aber die Gehbewegungen dauerten fort. Als ich endlich das Glas mit heissem Wasser an die Ohrmuschel brachte, fing das Thier heftig zu schreien an; aber es machte seine Gehbewegungen nach wie vor. Es waren also hier durch einen mechanischen Reiz und andererseits durch einen Temperatursreiz ganz verschiedene Reflexe ausgelöst, das eine Mal eine Hemmung, das andere Mal Reflexbewegung, Schreien.

Ich muss jedoch hinzufügen, dass man aus der Verschiedenheit der Reflexe noch nicht mit Sicherheit auf besondere Nerven für die Temperatursempfindungen schliessen kann. Wir haben vorher gesehen, dass es im hohen Grade wahrscheinlich ist, dass die Empfindung des Kitzelns und die Schmerzempfindung von einer und derselben Art von Hautnerven vermittelt wird. Wenn Sie nun aber ein Individuum unter den Fusssohlen kitzeln, dann bringen Sie es zum Lachen, wenn Sie ihm aber die Bastonade auf die Fusssohlen geben, so werden Sie dadurch eine ganz andere Reflexbewegung hervorrufen, nämlich das Schreien. Obgleich es sich hier höchst wahrscheinlich um dieselben Nerven handelt, so werden doch verschiedene Reflexe ausgelöst.

Wir stehen also in Rücksicht auf die Temperatursnerven, wie in Rücksicht auf die Nerven des Gemeingefühls überhaupt noch im Zweifel.

Wir können nicht sagen, wie viel verschiedene Arten von empfindenden Nerven wir haben, welche von unseren Empfindungen uns durch diejenige Art von Nerven zugebracht wird, welche uns auch zum Tasten dient, und welche Empfindungen uns noch zugebracht werden durch besondere, specifische Nervenarten.

Hieran knüpft sich die Frage, ob es einen sechsten Sinn gibt. Abgesehen von den Irrthümern, welche durch Magnetiseure, durch Mesmeristen verbreitet worden sind, sind es wesentlich die Versuche von Spallanzani, welche dazu geführt haben, diese Frage zu erörtern.

Es fiel Spallanzani auf, dass die Fledermäuse auch in der Dunkelheit Hindernisse, welche sich ihnen entgegenstellen, mit grosser Geschicklichkeit vermeiden und niemals mit den Flügeln an irgend ein solches Hinderniss anstossen. Um zu sehen, ob es das Gesicht sei, welches sie leitet, blendete er die Fledermäuse. Er fand aber, dass sie auch dann in derselben Weise und mit derselben Geschicklichkeit die Hindernisse vermieden. Er spannte Fäden in seinem Zimmer aus und fand, dass die Fledermäuse zwischen denselben herumflatterten und auch an die Fäden nicht anschlugen.

Man hat aus diesen Versuchen den Schluss gezogen, dass die Fledermäuse einen sechsten Sinn haben müssten, dass sie Perceptionsorgane haben müssten, die nach einem andern Principe gebaut sind, als unsere Sinnesorgane und Wirkungen vermitteln, welche unsere Sinneswerkzeuge ihrer Natur nach nicht vermitteln können. Es ist jedoch dieser Schluss nicht vollkommen gerechtfertigt. Es ist bekannt, dass auch wir die Strahlungen wahrnehmen, die von den Aussendingen ausgehen und zwar nicht nur durch unsere Augen, sondern auch durch die Nerven unserer Hautoberfläche. Nur bekommen wir durch die Nerven unserer Hautoberfläche begreiflicherweise keine Bilder, wir empfinden nur die Strahlungen als solche, und empfinden sie verhältnissmässig stumpf: deshalb bemerken wir von den einigermassen gleichwarmen Körpern im Allgemeinen nichts. Wenn wir aber in die Nähe eines warmen Ofens oder in die Nähe eines Feuers kommen, so nehmen wir diese Dinge nicht allein durch das Gesicht wahr, sondern auch durch die Strahlung, welche unsere Haut trifft. Da nun von allen Körpern Strahlungen ausgehen, und zwar nicht blos, wenn sie beleuchtet sind, sondern auch im Dunkeln, aber eben Strahlungen, die wir nicht sehen, sondern Strahlungen von dunklen Wärmestrahlen, so ist es, wenn wir uns die Empfindung von Hautnerven sehr erhöht und verfeinert denken, nicht ganz unmöglich, dass die Ausstrahlungen der Körper, als solche, von Thieren empfunden werden, und dass sie dadurch geleitet werden, dieselben zu vermeiden.

Freilich setzt dies eine Schärfe des Unterscheidungsvermögens voraus, von welcher unter uns Menschen selbst der empfindlichste keine Vorstellung hat: aber haben wir denn eine Vorstellung von der Feinheit des Geruchssinnes eines Hundes oder eines Rehes? Bei den Fledermäusen kommen ausserdem sehr ausgebreitete und zarte Hautoberflächen vor. Zunächst die Hautoberfläche der Flügel mit ihren sehr zahlreichen Nerven, dann die Hautfalten auf der Nase, welche namentlich bei einem Genus, das davon den Namen Phyllostoma erhielt, zu förmlichen gefalteten blattartigen Fortsätzen entwickelt sind. Wenn man dies berücksichtigt, so kann man es nicht für unmöglich halten, dass vielleicht

hier Eindrücke auf sehr empfindliche und in vortheilhafte Bedingungen gesetzte Tast- oder Temperatursnerven übertragen und durch diese wahrgenommen werden.

Es ist sehr schwer zu urtheilen über die Frage nach dem sechsten Sinn, weil wir von einem solchen uns gar keine Vorstellung machen können. Alle unsere Vorstellungen stammen aus den fünf Sinnen, die wir besprochen haben, und für die Vorstellungen, die uns aus den Wahrnehmungen eines sechsten Sinnes erwachsen könnten, fehlt es deshalb in unserem Gehirne ganz an Materiale: wir können uns eben diese Vorstellungen nicht bilden.

Zeugung und Entwickelung.

Urzeugung.

Auf welche Weise können sich Organismen, also im Allgemeinen Thiere und Pflanzen vermehren? Da tritt uns zunächst die grosse Frage von der Urzeugung, von der sogenannten Generatio aequivoca seu spontanea, entgegen. Es handelt sich nicht darum, die Frage zu erörtern, ob überhaupt jemals Organismen aus unbelebten und anorganischen Dingen entstanden sind, sondern es handelt sich darum, die Frage zu erörtern, ob noch heutzutage aus unbelebten Dingen lebendige hervorgehen.

Die Generatio aequivoca hat im Laufe der Zeiten immer mehr an Terrain verloren. Im Alterthume gab man ihr die weiteste Ausdehnung. Selbst Aristoteles glaubte, dass die Raupen aus den grünen Blättern, dass die Maden aus dem Käse entstehen, ja dass gewisse Fische, die sich im Schlamme und im Sande finden, aus dem Schlamme und Sande entstanden seien.

Erst die Academia del Cimento legte die Axt an diese Theorie, indem Redi nachwies, dass die Maden nicht aus dem Käse und aus dem Fleische, sondern aus Eiern entstehen, welche die Fliegen an das Fleisch hinlegen. Redi bedeckte Fleisch mit einem Sturz aus Gaze und fand nun, dass sich in dem Fleische keine Maden entwickelten: er sah aber, dass die Fliegen das Fleisch umschwärmten, und dass sie da, wo das Fleisch nahe an der Gaze lag, ihre Eier an dem Sturze absetzten.

In späterer Zeit wurden diese Beobachtungen von Anderen fortgesetzt. Vor Allem ist es aber Swammerdam, der durch genaues Studium des Lebens, der Metamorphose und der Fortpflanzung der Insecten in Rücksicht auf diese die Lehre von der Urzeugung für alle Zeiten unmöglich gemacht hat. Er legte seine Beobachtungen in dem berühmten Werke, das er Biblia naturae seu Historia insectorum benannte, nieder.

Während man nun auf diese Weise über die höher entwickelten Thiere belehrt wurde, eröffnete sich durch das Mikroskop ein neues weites Feld für die Lehre von der Generatio spontanea, indem man eine ganz neue Welt von kleinen thierischen und pflanzlichen Organismen kennen lernte, welche anscheinend aus leblosen Dingen hervorgingen. Man schuf eine ganze Abtheilung von Thieren, die noch heute als solche in der

Zoologie existirt, die Abtheilung der Infusorien oder Aufgussthierchen, das heisst, der Thiere, die man in Aufgüssen von verschiedenen Dingen fand und züchtete, zum Theil von Dingen, von denen man glauben sollte, dass sie wenig geeignet sind, organischem Leben zu dienen, z. B. in Aufgüssen von Pfeffer. Da man nun solche Thierchen in allen möglichen Aufgüssen entstehen sah, auch in solchen, in welchen anscheinend keine andern solchen Thiere oder deren Keime hineingekommen waren, so glaubten Viele die Generatio aequivoca für die Infusorien aufrecht erhalten zu müssen.

Da war es in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts namentlich Ehrenberg, der durch seine ausgedehnten Untersuchungen über die Infusorien die Entstehung derselben auf dem Wege der Urzeugung in wirksamer Weise bekämpfte. Er konnte aber immer nur zeigen, dass die Generatio aequivoca auch für die Infusion höchst unwahrscheinlich sei. Der experimentelle Beweis, dass sie auch für die niedrigsten Organismen nicht existire, wurde erst später, und zwar am Ende der dreissiger und am Anfange der vierziger Jahre geliefert von Schultze, von Schwann und von Helmholtz.

Man wusste seit längerer Zeit, dass man die Gährung, bei der sich bekanntlich ein mikroskopischer Pilz entwickelt, durch hermetischen Verschluss hindern könne, dass man sie auch hintanhalten könne durch kleine Mengen von Substanzen, welche dem organischen Leben feindlich sind, so z. B. durch kleine Mengen schwefliger Säure. Darauf beruht das Schwefeln des Mostes und der Weinfässer, das ja seit langer Zeit geübt wurde. Man wusste ferner, dass man die Schimmelbildung durch hermetischen Verschluss hindern kann. Darauf beruht das Einsieden des Dunstobstes. Es wird das Obst zu diesem Zwecke in Gläser hineingelegt, die mit einer Thierblase oder jetzt mit Pergamentpapier verschlossen werden. Dann werden diese längere Zeit auf 100⁰ erhitzt, so dass die ganze Flüssigkeit im Innern die Temperatur von 100⁰ annimmt. Dann nimmt man sie heraus und lässt sie, ohne sie zu öffnen, stehen. Der Process, der hier vorgegangen ist, ist uns jetzt ganz klar. Wir wissen, dass die Keime des Organischen darin zerstört worden sind, und dass eben der hermetische Verschluss gehindert hat, dass neue Keime hineinkamen und dass deswegen keine Schimmelbildung eintritt.

Alle diese Wahrnehmungen mussten also zu der Idee führen, dass es die Keime des Organischen seien, welche die Schimmelbildung und die Gährung einleiten, und dass eben die Keime des Organischen von aussen hineinkommen, dass sie nicht durch Generatio aequivoca in den Substanzen entstehen.

In der That überzeugte Milne Edwards sich, dass, wenn man die Aufgüsse, in welchen die Infusorien in Masse entstanden, in einem Glasgefässe auf 100⁰ längere Zeit erhitzte und das Glasgefäss zuschmolz, dann auch die Infusorien sich nicht bildeten. Die Parteigänger der Generatio aequivoca machten aber geltend, dass man hier den Organismen ja die Lebensbedingungen abschneide: man könne nicht erwarten, dass sich mikroskopische Thiere oder Pflanzen entwickeln sollten, wenn man ihnen den Sauerstoff der atmosphärischen Luft vorenthalte. Um diesem Einwande zu begegnen, wurden nach einander von Schultze, von Schwann und von Helmholtz Versuche angestellt, bei welchen atmo-

sphärische Luft reichlich zugeführt wurde, bei denen aber die Keime des Organischen in der atmosphärischen Luft vorher zerstört waren. Denken Sie sich eine Flasche oder einen Kolben, in welchem sich die Flüssigkeit befindet, welche der Fäulniss oder der Gährung unterliegen soll, denken Sie sich, dieselbe sei zum Sieden erhitzt, um die Keime des Organischen in ihr zu zerstören, und von da ab werde ihr zwar die Luftzufuhr nicht abgeschnitten, aber es werde ihr nur solche Luft zugeführt, die entweder vorher in ganz kleinen Blasen durch concentrirte Schwefelsäure gegangen und dann wieder mit Wasser gewaschen ist, oder die man vorher so weit erhitzt hat, als es das zuführende Glasrohr, wozu man ein enges Rohr aus schwer schmelzbarem böhmischem Glase wählt, erträgt ohne weich zu werden; dann entstehen in der Flüssigkeit keine Organismen, es entsteht keine Schimmelbildung, keine Gährung und auch keine Fäulniss im gewöhnlichen Sinne des Wortes, weil deren Erscheinungen wesentlich unter der Mitwirkung niederer Organismen zu Stande kommen.

In neuerer Zeit hat man ein noch viel einfacheres Mittel, die atmosphärische Luft zu reinigen, ein Mittel, das sich, wenn auch nicht immer, so doch häufig wirksam erweist. Man braucht eine Flasche, in der man z. B. eingesottenes Obst aufbewahrt, gar nicht hermetisch zu verschliessen, wenn sie nur einen hinreichend langen Hals hat, welchen man mit loser Baumwolle vollstopfen kann, so ist diese lose Baumwolle, obwohl sie die atmosphärische Luft nicht abhält, doch ein Schutzmittel gegen die Schimmelbildung. Die Sporen des Schimmels, die sonst auf das Obst gefallen wären, bleiben jetzt an den Fasern der Baumwolle hängen.

Zu jener Zeit, als die erwähnten Versuche gemacht wurden, wurde auch die richtige Theorie der Alkoholgährung aufgestellt, die Theorie, welche aussagt, dass der Zucker unter dem directen Einflusse der kleinen lebenden Organismen zerfalle, welche wir mit dem Namen der Gährungspilze, Torula cerevisiae, bezeichnen. Mein verstorbener Lehrer Eilhard Mitscherlich ist damals von einem berühmten Fachgenossen verspottet worden, weil er die Theorie vertheidigte, welche heutzutage allgemein angenommen ist und seltsamer Weise in manchen Kreisen als eine Errungenschaft der neuesten Zeit angesehen wird.

Es bleibt nun noch eine Reihe von Thatsachen übrig, die für die Generatio spontanea in Anspruch genommen wurden, von denen es sich aber auch gezeigt hat, dass sie in ganz anderer Weise zu erklären sind. Man hatte zunächst gefunden, dass sich Thiere und Pflanzen mitunter in Gegenden entwickeln, in denen sie früher gar nicht gefunden worden sind, so dass man auf den ersten Anblick nicht recht begriff, woher denn die Keime gekommen sein sollten, aus denen sich diese Thiere oder Pflanzen entwickelten. Es versumpfte z. B. eine Gegend, die früher trocken gelegen hatte, und wo meilenweit keine Sumpfpflanzen zu finden waren, und mit der Versumpfung stellte sich auch eine ganze Flora von Sumpfpflanzen ein. Eine chlornatriumhaltige Quelle wurde zu Tage gefördert, und um die Salzquelle herum zeigten sich nach einiger Zeit solche Pflanzen, welche auf einem chlornatriumhaltigen Boden zu gedeihen pflegen, sogenannte Natronpflanzen, die früher in der ganzen Gegend nicht zu finden waren. Offenbar hat es sich aber hier nicht um eine Generatio spon-

tanea gehandelt, sondern nur darum, dass Keime dahin vertragen worden sind, die auch früher dahin vertragen wurden, und von denen manche vielleicht lange an Ort und Stelle gelegen hatten, für welche aber die günstigen Bedingungen zur Entwickelung fehlten. Wir wissen, dass die Samen mancher Pflanzen ihre Lebensfähigkeit viele Jahre lang bewahren können, und dass es dann nur der günstigen Bedingungen für ihre Entwickelung bedarf, um die letztere hervorzurufen. Somit können wir aus solchen Thatsachen, wie die eben erwähnten, keinen Grund mehr für die Generatio spontanea ableiten.

Ein anderes Factum ist folgendes: Man fand in sonst ganz dürren Gegenden in Gruben von Gestein, in welchen sich Wasser angesammelt hatte, ja selbst in Dachrinnen, die man früher leer gefunden, die auch gelegentlich gekehrt worden waren, wenn sich Wasser darin ansammelte, kleine Thiere, Räderthierchen und Tardigraden. Man glaubte annehmen zu müssen, dass dieselben durch Generatio aequivoca entstanden seien. Nun ist es aber bekannt, dass bei diesen Thieren nicht nur die Keime, sondern die Thiere selbst eine wunderbare Dauerhaftigkeit besitzen. Sie können gänzlich austrocknen und können dann durch Monate lang aufbewahrt werden. Sie sind bis neun Monate lang im getrockneten Zustande aufbewahrt worden, und, wenn man sie dann wieder aufweichte, so lebten sie wieder auf und waren wie vor dem Austrocknen. Sie können also auch im ausgetrockneten Zustande vom Winde als Staub vertragen werden, und da, wo sie niederfallen, wieder aufleben, wenn ihnen das dazu nöthige Wasser zukommt.

Man könnte sagen, auf diesen Gesteinen und in diesen Dachrinnen, wo sich eine sehr hohe Temperatur durch die Sonnenstrahlen entwickelt, müssten die Thiere umgekommen sein, da ja bekanntermassen die meisten Thiere keine Temperatur von 50° und darüber aushalten. Aber dem ist nicht so. Die vertrockneten Thiere verhalten sich anders als die feuchten. Doyère hat die vertrockneten Thiere auf 120°, ja auf 140° erhitzen können, ohne dass sie dadurch ihre Lebensfähigkeit verloren hätten. Es hängt das offenbar damit zusammen, dass die Eiweisskörper in höheren Temperaturen nur dann in den unlöslichen Zustand übergehen, wenn sie durchfeuchtet sind. Gewöhnliches lösliches Eiweiss, wenn es eingetrocknet wird, kann längere Zeit auf 100° erhitzt werden, ohne dass es dadurch seine Löslichkeit verliert.

Andere Gründe für die Generatio spontanea hat man von den Eingeweidewürmern her nehmen wollen. Es schien, als habe man hier mit weniger Unwahrscheinlichkeit zu kämpfen, als bei der Generatio spontanea im weiteren Sinne. Die Eingeweidewürmer sollten nicht aus etwas Leblosen entstehen, sondern aus Elementen des Wohnthieres, welche sich in anomaler Weise entwickelt hatten. Man muss sich daran erinnern, dass die Spermatozoiden längere Zeit für Thiere gehalten wurden, und da sich diese offenbar aus Elementen des menschlichen Organismus entwickelten, so kam den Leuten der Schritt nicht so gross vor, auch noch anzunehmen, dass andere Thiere, welche sich im Organismus finden, dass Eingeweidewürmer aus den Elementen desselben hervorgehen.

Die ausgedehnten Studien, die in neuerer Zeit über Eingeweidewürmer gemacht worden sind, haben aber von alledem nichts bewahrheitet, sie haben nur gezeigt, dass die Eingeweidewürmer sich aus Keimen

entwickeln, die von ihresgleichen herrühren, niemals aus solchen, welche vom Hause aus ihrem Wohnthiere eigenthümlich angehören, und einen integrirenden Bestandtheil von dem Leibe desselben ausmachen.

Vermehrung durch Theilung.

Die einfachste Art der Fortpflanzung und der Vermehrung, welche wir kennen, ist die durch Theilung. Man muss die Vermehrung durch Theilung im Zusammenhange auffassen mit dem Reproductionsvermögen. Das Reproductionsvermögen ist im Allgemeinen um so grösser, je niedriger die Thiere in der Thierreihe stehen. Menschen und Säugethiere reproduciren, wie bekannt, nur gewisse Gewebe, sie reproduciren die Horngebilde, Knochen, Bindegewebe, bis zu einem gewissen Grade Theile des Nervensystems, insofern als ein durchschnittener Nerv, wenn die Enden nicht zu weit von einander entfernt sind, zusammenheilt, so dass er wieder leitend wird. Sie reproduciren aber keine ganzen Körpertheile, keine ganzen Organe.

Schon bei den Amphibien kommt die Reproduction ganzer Körpertheile, wenn auch unvollkommen, vor. Man sieht nicht selten Eidechsen, die statt ihres langen, zierlichen Schwanzes einen kurzen, missgefärbten Kegel an einen natürlich gefärbten Stumpf angesetzt tragen. Das sind solche, bei denen der Schwanz verloren gegangen, bei denen er sich in Gestalt eines solchen Kegels reproducirt hat.

Bei den Froschlarven und noch mehr bei den Tritonen kommen Reproductionen ganzer Extremitäten vor. Beinchen, die man ihnen abgeschnitten hat, werden wieder reproducirt, auch ein halber Unterkiefer, ein halbes Auge kann reproducirt werden.

Noch viel grösser ist das Reproductionsvermögen bei manchen wirbellosen Thieren. Schon bei den Gliederthieren, obgleich ihr Bau der Reproduction im Ganzen ungünstig zu sein scheint, kommt Reproduction von Gliedmassen vor. So verlieren z. B. die Krebse nicht selten ein oder die andere Scheere, und reproduciren sie, was man daran erkennt, dass ein solcher Krebs eine grosse und eine kleine Scheere besitzt.

Das grösste Reproductionsvermögen findet sich aber bei manchen Würmern und bei manchen Polypen. So bei den Naiden, unter denen namentlich Nais proboscidea zu einer Reihe von Versuchen gedient hat. Man kann dieselbe nicht blos durchschneiden, so dass dann das eine Stück und das andere Stück hintereinander fortkriechen, und am hinteren Stücke ein neuer Kopf entsteht und am vorderen ein neuer Schwanz, sondern man kann sie sogar in mehrere Stücke schneiden, und jedes dieser kann sich noch zum vollständigen Thiere entwickeln. Die Planarien kann man in verschiedenen Richtungen durchschneiden, und die einzelnen Stücke ergänzen sich dann wieder nach und nach zu vollständigen Thieren. Unser kleiner Süsswasserpolyp, die Hydra viridis, hat ihren Namen nach ihrem Reproductionsvermögen, weil sie in dieser Beziehung mit der Hydra verglichen wird, dem Märchen des Reproductionsvermögens, das uns das Alterthum überliefert hat. Abraham Trembley hat an der Hydra viridis eine lange Reihe von Versuchen gemacht, durch welche er gezeigt hat, dass Stücke der Axe sich zu ganzen Thieren reproduciren, einzelne

abgeschnittene Arme zwar im Wasser fortleben, aber kein ganzes Thier wieder aufbauen.

Sie brauchen jetzt an die Stelle dieser künstlichen Theilung nur eine natürliche zu setzen, und haben dann das, was wir mit dem Namen der Fortpflanzung, der Vermehrung durch Theilung benennen.

Denken Sie sich z. B., dass die Glocke einer Vorticelle sich zuerst am Rande einbiegt, dass die Einbiegung immer tiefer wird, so dass aus der becherförmigen Glocke zuletzt zwei Glocken entstehen, dass sich diese vollständig von einander trennen, dass jeder der beiden ein eigenes Stielstück nachwächst, so haben Sie nun zwei Vorticellen, zwei Individuen statt des früheren einfachen Individuums. Auch bei anderen Infusorien kommt in ähnlicher Weise Vermehrung durch Theilung vor. Es muss aber bemerkt werden, dass sie hier nicht ganz so häufig ist, wie man früher geglaubt hat. Man hat früher eine Verwechslung begangen, man hat immer, wenn man zwei Infusorien in unmittelbarer Verbindung mit einander sah, dies für ein Thier gehalten, das in Theilung begriffen ist. Balbiani hat aber später gezeigt, dass diese Doppelthiere keineswegs immer so zu deuten sind, sondern dass bei den Infusorien auch geschlechtliche Zeugung vorkommt, dass einige derselben sich begatten, und dass sie sich dann so unmittelbar an einander legen, dass man ein Thier in Theilung vor sich zu haben glaubt.

Die Fortpflanzung durch Theilung ist nicht auf freilebende Organismen beschränkt: sie kommt auch im ausgedehntesten Maasse in den Elementarorganismen vor, welche unseren Körper zusammensetzen, in den Zellen. Sie ist hier angenommen worden, so lange überhaupt die Zellentheorie existirt, aber direct beobachtet ist sie erst in neuerer Zeit von Stricker. Die früheren Angaben über Theilung der Zellen beziehen sich darauf, dass man eine Reihe von Bildern neben einander gehabt, bei welchen man verschiedene Grade der Einschnürung gesehen hatte, und deshalb auch mit einem gewissen Rechte auf eine Theilung der Zellen schloss. Es ist aber noch ein Unterschied, ob man einen solchen Schluss aus einer Reihe von Bildern macht, oder ob man vor seinen Augen solche Theilungen vor sich gehen sieht. Das ist eben erst in neuerer Zeit geschehen. Es zeigte sich, dass, während das Protoplasma einer Zelle gewöhnlich eine Hauptmasse ist, von der die Fortsätze ausgehen, dasselbe sich zunächst so anordnet, dass es zwei Hauptmassen bildet, die aber noch durch eine Brücke mit einander in Verbindung stehen. Diese Brücke wird nach und nach immer dünner und länger, manchmal kann sie sich dazwischen wieder verdicken, die Protoplasmamassen können temporär wieder zusammenfliessen, dann gehen sie wieder auseinander, endlich kommt ein Moment, wo diese Protoplasmabrücke reisst und aus einem Individuum, aus einer Zelle zwei geworden sind.

Vermehrung durch Knospenbildung.

Die andere Art der Fortpflanzung ist die durch Knospenbildung. Das Wesentliche der Knospenbildung ist, dass irgendwo an dem mütterlichen Organismus ein Gebilde, eine Hervorragung entsteht, die sich in der Weise differenzirt, dass man darin die Anlage des neuen Individuums erkennt, dass dieses neue Individuum sich bis zu einem gewissen Grade

von Vollkommenheit an dem mütterlichen Stamme entwickelt, während es sich allerdings später von demselben ablösen kann. Der Name und das Paradigma der Knospenbildung ist, wie Sie leicht einsehen, von den Pflanzen hergenommen, wo Sie den Process der Knospung täglich und stündlich vor sich gehen sehen. In der That sind es auch die Thiere, welche man früher als Pflanzenthiere bezeichnete, an welchen die Knospung zuerst beobachtet wurde. Es bildet sich bei ihnen ein Stamm, an dem wie an einer Pflanze neue Knospen und neue Aeste sich entwickeln. Aber wesentlich derselbe Process kommt auch bei andern Thieren vor. So fand Milne Edwards an der sicilianischen Küste einen Wurm, Myrianida fasciata, der an seinem hinteren Ende durch Knospung ein neues Individuum erzeugte, dann zwischen seinem Hinterende und dem Vorderende des Jungen ein zweites und so fort bis eine Kette von sechs Individuen entstand. Dabei hatten die Jungen Geschlechtsorgane, während dieselben dem Mutterthiere fehlten. Einen ähnlichen Process der Knospung stellt die Gliederbildung bei den Bandwürmern dar, nur dass hier keine vollständigen Thiere, sondern unselbstständige, der geschlechtlichen Fortpflanzung dienende Partialorganismen erzeugt werden.

Fortpflanzung durch Keimkörper und durch Eier.

Die dritte Art der Fortpflanzung und Vermehrung ist die durch Keimkörper und durch Eier. Man hat diese früher so von einander unterschieden, dass man gesagt hat, Keimkörper sind solche Körper, aus denen sich in ähnlicher Weise wie aus Eiern junge Individuen entwickeln können, aber ohne dass sie erst befruchtet werden. Die Eier unterscheiden sich dadurch von den Keimkörpern, dass sie die geschlechtliche Fortpflanzung repräsentiren, dass es nothwendig ist, dass das Ei vor seiner Entwickelung erst befruchtet wird. Dieser Unterschied hat sich aber in neuerer Zeit nicht mehr als haltbar erwiesen. Denn es hat sich erstens gezeigt, dass die ersten Anfänge der Entwickelung bei allen Eiern statthaben, gleichviel, ob sie befruchtet sind oder nicht, dass sie sich also in Rücksicht auf ihre Entwickelungsfähigkeit von den Keimkörpern nur dadurch unterscheiden, dass sie nach den allerersten Anfängen der Entwickelung stehen bleiben. Aber noch mehr: die Eier gewisser Thiere entwickeln sich, wenn sie auch nicht befruchtet worden sind, vollständig. Es findet dies statt bei der sogenannten Parthenogenesis.

Dieselbe wurde zuerst durch Beobachtungen an Bienen sichergestellt. Es ist bekannt, dass die Bienenkönigin den Stock fortpflanzt, dass es aber ausserdem in dem Stocke eine grosse Menge von verkümmerten Weibchen gibt, welche den Namen der Arbeitsbienen führen. Diese sind in ihren ersten Anfängen, als junge Maden, nicht verschieden von der Königin, sie werden nur durch die Art der Aufzucht verschieden gemacht. Es zeigt sich, dass, wenn die jungen Königinnen in einem verhältnissmässig frühen Stadium zu Grunde gehen, die Arbeitsbienen, damit der Stock seines Oberhauptes nicht beraubt wird, Arbeitermaden in die Königinnenzellen hineinschleppen, und anfangen, sie mit einem besseren und reichlicheren Futter, dem sogenannten Königinnenbrod, zu füttern, und dass sie sich dadurch neue Königinnen aufzuziehen wissen.

Es ist weiter bekannt, dass die Bienenkönigin sich niemals innerhalb des Stockes begattet, sondern dass sie dies immer nur auf ihren Ausflügen thut. Nun haben Bienenwirthe beobachtet, dass, wenn eine Königin flügellahm wird, sie nicht aufhört Eier zu legen, und dass auch diese Eier sich noch entwickeln, aber dass sich aus diesen nur Drohnen entwickeln, und man sagt dann, die Königin sei drohnenbrütig geworden. Es war dies schon eine sehr wichtige Erfahrung, weil man einerseits mit grosser Gewissheit wusste, dass sich die Königin niemals innerhalb des Stockes begattet, und man hier andererseits doch die Thatsache vor sich hatte, dass eine solche nicht befruchtete Königin noch Eier legte, aus welchen Larven, und aus diesen wieder Bienen hervorgingen.

Nun kam noch eine andere Beobachtung hinzu. Man hatte aus Italien die sogenannte Goldbiene eingeführt, weil sie sehr fleissig arbeitet und friedfertiger ist, als unsere einheimische Biene. Da ist es nun geschehen, dass sich die Königinnen von solchen Goldbienen auf ihren Excursionen mit Drohnen von unseren einheimischen Bienen begattet haben. Dadurch sind Bastarde entstanden. Aber nur die Weibchen trugen die Zeichen davon, nur die Königinnen und die Arbeiterinnen, die Drohnen waren nach wie vor reine Goldbienen. Wenn man nun dies mit der Erfahrung zusammenhält, die man früher mit drohnenbrütigen Königinnen gemacht hatte, so musste man es wahrscheinlich finden, dass sich überhaupt bei den Bienen die Arbeiterinnen und die Königinnen, also die weiblichen Individuen, aus befruchteten Eiern entwickeln, dass sich aber die Drohnen aus unbefruchteten Eiern entwickeln.

Von Siebold untersuchte nun eine grosse Menge von Eiern, welche bereits in die Zellen gelegt waren, und er fand auf den Eiern, die er Drohnenzellen entnommen hatte, niemals ein Spermatozoid, dagegen konnte er in der Mehrzahl der Fälle auf den Eiern, die aus den Königinnen oder Arbeiterzellen genommen waren, Spermatozoiden nachweisen. Es lag also klar zu Tage, dass die Weibchen sich aus befruchteten, die Männchen aus unbefruchteten Eiern entwickeln.

Hiemit war auch ein anderes Factum aufgeklärt, die Thatsache, dass sich in einer Drohnenzelle immer nur ein Männchen und in den andern Zellen immer nur Weibchen entwickeln. Man hatte sich gefragt, wie macht es die Königin, dass sie die Eier in ihrem Leibe unterscheidet und in die eine Art von Zellen Drohneneier, in die anderen Weibcheneier legt. Dies geschieht aber nicht, sondern sie legt dieselben Eier in alle Zellen, aber den einen gibt sie Samen aus ihrer Samentasche mit, den anderen nicht. Wann sie dies zu thun hat und wann nicht, erfährt sie aus den Dimensionen der Zelle, die sie mittelst ihres Hinterleibes ermisst.

Später hat man die Parthenogenesis auch bei mehreren Schmetterlingen beobachtet, bei Liparis dispar hat sie Weyenbergh bis zur dritten Generation verfolgt, und hier entstanden Männchen und Weibchen und zwar in ziemlich gleicher Menge.

Wir sehen also, dass man gar keinen Halt mehr hat, im Grossen und Ganzen einen Unterschied zwischen einem Keimkörper und einem Eie in der Weise zu machen, dass man sagt, das Ei kann sich nur entwickeln, wenn es befruchtet wird, der Keimkörper entwickelt sich unbefruchtet. Denn wir sehen hier, dass sich Eier sowohl befruchtet,

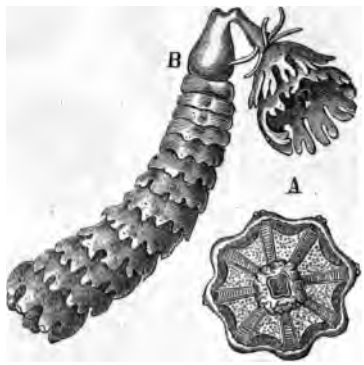
als nichtbefruchtet entwickeln, ja dass aus den befruchteten Eiern Männchen und Weibchen, und ebenso aus den unbefruchteten Männchen und Weibchen hervorgehen.

Generationswechsel.

Ehe wir näher auf die Natur der Eier eingehen, muss ich noch bemerken, dass keineswegs jedes Thier oder jede Species auf eine Art der Fortpflanzung angewiesen ist. Bei ein und derselben Art können verschiedene Arten der Fortpflanzung vorkommen.

Durch die Untersuchungen von Sars und Steenstrup ist dies zunächst für die Medusen sichergestellt worden. In der Ostsee kommt eine Meduse in sehr grosser Menge vor, die den Namen Aurelia aurita führt. Aus den Eiern derselben geht ein kleiner bewimperter Embryo hervor, der im Wasser herumschwimmt. Dieser nimmt dann Birnform an und setzt sich mit einem Ende fest. Jetzt wächst er aus zu einem kleinen Polypen, er nimmt eine Vasenform an, oben bilden sich Höcker aus, und er wächst nun, indem er höher und höher wird. Dann fängt diese kleine Vase an, Einkerbungen zu bekommen, sich der Quere nach zu theilen. An den Rändern dieser so theilweise von einander gesonderten Scheiben bilden sich Hervorragungen, die Theilung greift tiefer und das Ganze besteht nun aus Scheiben, die miteinander durch einen Stiel in Verbindung stehen. Endlich atrophirt dieser Stiel, die Scheiben fallen auseinander und schwimmen selbstständig als Medusen im Meere herum. Fig. 69 zeigt einen älteren Zapfen, von dem schon mehrere Medusen abgefallen sind, ferner in B einen Zapfen in Theilung und in A eine frei gewordene Meduse.

Fig. 69. *)



Auch durch Sprossung auf den Seiten der festsitzenden Larven bilden sich Medusen. Ferner gibt es Polypenformen, bei welchen das Geschäft der Ernährung und der Fortpflanzung zwischen den Individuen getheilt ist. Fig. 70 zeigt einen Ast von Campanularia gelatinosa, *a* ist der Ernährungspolyp, *b* eine sogenannte Brutkapsel, in der Knospen sprossen, die sich zu Medusen entwickeln, *c* ein leerer Becher, *B* und *C* sind successive Entwickelungsstadien und *D* ist die frei gewordene Meduse. Diese Medusen werden wieder geschlechtsreif, aus ihren Eiern geht später wieder ein Embryo hervor, der sich wieder festsetzt, aus dem Embryo geht wieder ein Polypenstock hervor u. s. w.

Dies ist die merkwürdige Erscheinung, welche mit dem Namen des Generationswechsels belegt worden ist.

---

*) Fig. 69 und 70 aus Prof. Schmarda's Zoologie.

Man muss sagen, dass sie uns nur bei den Thieren merkwürdig und fremdartig erscheint: denn bei den Pflanzen haben wir sie alle Tage vor uns. Wir legen ein Samenkorn in die Erde, und daraus geht ein Strauch oder ein Baum hervor, und an dessen Aesten gibt es Blüthenknospen und Blattknospen. Die Blattknospen entsprechen den Polypenglocken, welche dem Stamme die Nahrung zuführen, und die Blüthenknospen den Brutkapseln des Polypenstockes, denen die Fortpflanzung anheimgegeben ist. In ihnen entwickelt sich ein Gebilde, welches Sie der Meduse vergleichen können, die vom Polypen abstammt, die Blüthe. Diese setzt eine Frucht an, und bringt Samenkörner, Eier, zur Reife, aus denen wieder der Baum entsteht. Sie haben also hier wieder Fortpflanzung durch Knospung und geschlechtliche Fortpflanzung neben einander. Der ganze Unterschied besteht darin, dass beim Polypenstocke die Blüthe abfällt, noch ehe sie zur Frucht gereift ist, und dass sie dann frei im Meere herumschwimmt und sich weiter entwickelt. Das hängt mit dem Unterschiede zwischen Thier- und Pflanzenleben zusammen. Die Blüthe der Pflanze kann nicht zur Reife kommen ohne den Stamm, aus dem sie ihre Nahrung nimmt, die Blüthe des Polypenstockes fällt ab, schwimmt frei herum und kann die Nahrung selbst suchen und aufnehmen und so das Material sammeln, um in sich Frucht anzusetzen.

Fig. 70.



Aehnliche Erscheinungen unter anderer Form kommen bei den Würmern vor, und sie sind uns am bekanntesten bei den Eingeweidewürmern. Aus dem Gliede eines Bandwurmes, aus den befruchteten Eiern, die sich darin befinden, geht ein Embryo hervor, der sich zu einem Blasenwurm entwickelt. Dieser pflanzt sich durch Knospung fort, bis das Thier, in dem er lebt, von einem andern gefressen wird. Dann wandeln sich die Knospen des Blasenwurmes in diesem andern Thiere durch eine andere Art von Knospung in einen Bandwurm um. In den einzelnen Gliedern desselben entstehen nun wieder Eier, der Bandwurm legt sich zusammen, so dass sich zwei Glieder mit einander begatten, die Eier werden befruchtet, aus ihnen geht wieder ein Embryo hervor, und so beginnt der Kreislauf von Neuem.

So kennen wir jetzt die Erscheinungen des Generationswechsels bei einer Reihe von niederen Thieren, die theils nicht parasitisch, theils ganz parasitisch leben, theils einen Theil ihres Lebens ausserhalb, den andern innerhalb eines Wohnthieres zubringen.

Wenn wir das ganze Gebiet überblicken, so müssen wir sagen, dass der Schlüssel zu allen diesen Erscheinungen in dem Lehrsatze liegt, dass unter Umständen auch Larven, auch unentwickelte Thiere, sich fortpflanzen können. Darin, dass die alten Zoologen diesen Satz nicht anerkannten, ist es begründet, dass ihnen von vorneherein alle diese Erscheinungen so fremdartig, so unbegreiflich waren. Dass aus einem Ei ein Thier hervorgehen kann, das dem Mutterthiere völlig unähnlich ist, wusste man seit Jahrhunderten. So lange man die Metamorphose der Insecten kannte, wusste man, dass aus den Eiern Thierchen hervorgehen können, die erst Umwandlungen durchmachen müssen, ehe sie dem Mutterthiere ähnlich werden. Aber man glaubte, dass sie sich niemals fortpflanzen, ehe sie diese Metamorphose durchgemacht haben. Jetzt sehen wir aber den Generationswechsel eben darin beruhen, dass sich Larven, unentwickelte Thiere, auf verschiedene Weise fortpflanzen, dass dann die Abkömmlinge erst Metamorphosen durchmachen und sich dann wiederum auf eine andere Weise fortpflanzen.

Dieser Satz, dass unter Umständen auch Larven sich fortpflanzen können, hat in neuerer Zeit eine bedeutende Erweiterung erlitten. Er muss heutzutage in gewissem Sinne sogar auf die Wirbelthiere ausgedehnt werden. Man brachte aus Mexico eine Reihe von Axoloteln (Siredon pisciformis) nach Paris, die dort im Jardin des plantes gehegt wurden. Dieselben pflanzten sich fort und die Kinder schwammen, wie die Eltern, im Wasser herum. Dann aber nach einigen Generationen verloren einzelne Thiere, deren Grosseltern noch im Wasser herumschwammen, ihre äusseren Kiemen und ihre Flossen, formten sich in die Gestalt eines Landsalamanders um, verliessen das Wasser und lebten von jetzt an im Moose, das man ihnen am Rande des Wassers hinlegte.

Wenn man diese Metamorphose mit der des Landsalamanders vergleicht, so kann man sie nicht als eine regressive betrachten, man muss vielmehr das im Wasser lebende Axolotl, das sich geschlechtlich fortpflanzte, mit der Larve des Salamanders vergleichen.

Die Eier und der Eierstock.

Wir kommen nun dazu, die Eier, den Eierstock und die Entwicklung der Eier näher zu betrachten. Das Ei besteht aus drei wesentlichen Stücken, aus der Dotterhaut, aus dem Dotter und aus dem Keimbläschen, der Vesicula germinativa Purkinjii. Die Dotterhaut kann sehr verschieden beschaffen sein, sie kann sehr dünn und zart, andererseits sehr stark sein. Der Dotter besteht aus eiweissartigen Substanzen, in welchen eine grössere oder geringere Menge von stark lichtbrechenden Körnchen eingelagert ist, so dass er dadurch mehr oder weniger undurchsichtig ist. Das Keimbläschen ist ein anscheinend bläschenartig gebildeter Körper, der im Innern des Dotters liegt und so lange leicht und gut zu unterscheiden ist, als eben der Dotter eine geringere Menge von körnigen Elementen enthält. Später aber, wo der Dotter undurchsichtig

geworden ist, muss erst die Dotterhaut zersprengt werden, damit das Keimbläschen aus dem Dotter heraustritt und beobachtet werden kann. In dem Keimbläschen hat man noch wiederum einen Körper, den Wagnerschen Keimfleck, die Macula germinativa Wagneri unterschieden. Diese ist aber nicht beständig vorhanden und kommt manchmal einfach, manchmal mehrfach vor. Beim Säugethiere ist die Dotterhaut verhältnissmässig dick, so dass, wenn wir das ganze Ei unter das Mikroskop bringen, die Querschnittsansicht der Dotterhaut, welche das Mikroskop gibt, sich als eine lichte, durchsichtige Zone von dem darinliegenden, durch die stark lichtbrechenden Körner dunklen Dotter absetzt. Deshalb hat die Dotterhaut der Säugethiere und des Menschen den etwas seltsamen Namen Zona pellucida erhalten. In ihr liegt also im fertig entwickelten Ei der stark mit Körnern durchsetzte Dotter und darin das Keimbläschen.

Das Ei der Säugethiere und des Menschen ist kugelrund, und das des letzteren hat im Zustande der Reife, das heisst zu der Zeit, wo es im Begriffe ist vom Eierstocke abzufallen, eine Zehntel- bis eine Achtellinie im Durchmesser.

Ich muss vorweg bemerken, dass das Ei der Säugethiere zu denjenigen Eiern gehört, bei welchen sich die Entwicklung von den ersten Anfängen an über die ganze Dottermasse erstreckt, so dass der ganze Dotter zum Aufbau des Embryo und der Eihäute verwendet wird. Es gibt aber Thiere, bei denen dies nicht der Fall ist, bei denen ausser diesem sogenannten Bildungsdotter noch ein anderer Dotter, der Nahrungsdotter vorkommt, ein Dotter, der nicht direct zum Aufbau des Embryo verwendet wird, sondern der dem bereits bis zu einem gewissen Grade entwickelten Embryo zur Nahrung dient. Dieser Nahrungsdotter kommt in grösster Ausdehnung bei den Vögeln und den beschuppten Amphibien, ausserdem aber auch bei den Fischen vor, bei den einen in grösserer, bei den andern in geringerer Entwicklung.

Da wir nun vielfach die Entwicklung des Hühnchens als Paradigma benützen werden, so muss ich hier auf den Bau des Vogeleies, das mit einem solchen Nahrungsdotter versehen ist, näher eingehen. Das Vogelei in seinen ersten Anfängen besteht aus dem Dotter, der Anfangs nur Bildungsdotter ist, und aus dem darinliegenden Keimbläschen. Nun wächst es weiter, und es sammeln sich unter dem Bildungsdotter kugelige Elemente an, die sich polyëdrisch gegen einander abplatten, und die ganz durchsetzt sind mit sehr zahlreichen Fettkörnchen, Fetttropfen. Diese Fetttropfen sind das Dotterfett, das Dotteröl, das namentlich aus den Eiern der Schildkröten in Südamerika und auf den Inseln der Südsee vielfach gewonnen wird. Diese Elemente scheinen nicht vom Bildungsdotter und damit nicht von der eigentlichen Eizelle abzustammen, sondern von den denselben zunächst umgebenden Gewebselementen; sie vermehren sich und dadurch erlangt dieser Nahrungsdotter endlich eine so grosse Ausdehnung, dass er bei Weitem die Hauptmasse des ganzen Eies ausmacht, und der Bildungsdotter zusammengeschoben ist an einer Stelle, in einer Scheibe, die sich durch ihre lichtere Farbe von dem gelben Nahrungsdotter auszeichnet. Diese lichte Schicht ist nichts Anderes als das, was wir im gewöhnlichen Leben mit dem Namen des Keimes oder des Hahnentrittes bezeichnen. Wenn wir ein Ei aufschlagen, so kommt diese Scheibe immer an die Oberfläche. Es müssen also die ver-

schiedenen Theile des Dotters ein verschiedenes specifisches Gewicht haben, es muss der Theil, welcher der Keimscheibe gegenüber ist, specifisch schwerer sein, als der Theil, an dem die Keimscheibe liegt. Das leitet nun Purkinje davon ab, dass sich von der Keimscheibe nach abwärts eine Region verfolgen lässt, welche die Gestalt einer dünnhalsigen Flasche mit nach abwärts gerichtetem Corpus hat, und in welcher diejenigen Elemente des Nahrungsdotters liegen, welche noch am wenigsten, zum grossen Theile gar nicht, mit Fettkörnchen durchsetzt sind. Es befindet sich also in dem Theile, der der Keimscheibe gegenüber liegt, eine grössere Menge von solchen fettarmen Elementen, die specifisch schwerer sind, als der fettreiche Dotter, und die deswegen dem Dotter, wenn er schwimmt, eine solche Lage geben, dass die Keimscheibe nach oben zu liegen kommt.

Wenn der Nahrungsdotter vollständig entwickelt ist, reisst sich das Ei vom Eierstocke los, und nun wird es, indem es durch den Eileiter hindurchgeht, mit Schichten von Eiweiss umgeben. In diesen Schichten bilden sich durch theilweise Gerinnung häutige Ausscheidungen, vermöge welcher das Eiweiss einen gewissen Zusammenhang bekommt, und, indem das Ei sich fortwährend im Eileiter dreht, wird die vor und hinter demselben liegende Eiweissmasse zu Schnüren aufgedreht. Diese ziehen sich nachher zurück in die übrige Eiweissmasse, und sie sind es, welche man später im Eiweiss an den beiden Enden des Dotters als Chalazen oder Hagelschnüre findet. Jetzt umgibt sich das ganze Ei sammt dem Eiweiss mit einer Faserhaut, welche man als die Schalenhaut des Hühnereies, Membrana testae, bezeichnet, und auf derselben lagern sich später die Kalksalze ab, die die feste Kalkschale bilden. Bei denjenigen Thieren, die häutige Eier legen, ist der Process ebenso, nur dass zuletzt die Auflagerung der Kalksalze ausbleibt.

Wenn wir nun zu den Eiern der Säugethiere und des Menschen zurückkehren und ihre Lagerung im Eierstocke untersuchen, so finden wir, dass dieser aus einem bindegewebigen Stroma besteht, in das bei einigen Thieren in grösserer, bei den andern in geringerer Menge Zellen eingestreut sind. Ausserdem finden sich aber darin grössere und kleinere Hohlräume, welche von einer bindegewebigen Kapsel und einem Gefässnetze umgeben sind. In diesen Hohlgebilden befindet sich ein Ei, bisweilen deren zwei, drei, sie sind das, was wir mit dem Namen der Graaf'schen Follikel bezeichnen. So lange die Graaf'schen Follikel noch klein sind, so dass das Ei einen verhältnissmässig grossen Bruchtheil ihres Binnenraumes ausfüllt, sind sie im Uebrigen mit Zellen ausgefüllt, in welche das Ei eingebettet ist. Wenn aber später der Graaf'sche Follikel grösser wird, ist er mit Flüssigkeit gefüllt, und die Zellen bilden nur eine Auskleidung. An der Stelle aber, wo das Ei liegt, befindet sich eine Anhäufung jener Zellen, welche das Ei umgibt, und in welche das Ei eingebettet ist. Die Auskleidung von Zellen, dieses innere Epithel des Graaf'schen Follikels, nennen wir Membrana granulosa, die verdickte, scheibenförmige Stelle, in welche das Ei eingebettet ist, Discus oophorus.

Auf welche Weise sind nun die Eier im Eierstocke entstanden? Darüber haben wir erst durch die Untersuchungen von Pflüger Klarheit bekommen. Pflüger fand, dass der Eierstock der Säugethiere und

des Menschen in derselben Weise, wie der Eierstock der Insecten von Hause aus sich wie eine tubulöse Drüse oder richtiger, wie ein System von tubulösen Drüsen entwickelt. Er fand, dass die Eier sich aus einzelnen Zellen entwickeln, welche von dem Epithel dieser tubulösen Drüsen abstammen, dass sich aber dann die Drüsenschläuche in Stücke abschnüren, die die einzelnen Eier umgeben und enthalten, und dass diese abgeschnürten Stücke nun die Graaf'schen Follikel sind. Waldeyer hat die Entwicklung noch weiter nach rückwärts verfolgt.

Fig. 71.



a Eierstockhügel.
b Epithel desselben.
c Ausführungsgang des Wolf'schen Körpers.
e Durchschnittene Canäle des Wolf'schen Körpers.
g Glomeruli desselben.

Es liegt im Embryo zu beiden Seiten der Wirbelsäule ein Organ, das wir später näher kennen lernen werden, und das man mit dem Namen des Wolf'schen Körpers bezeichnet. Es ist das eine Primordialniere, eine Niere für den Embryo, die ihm dient, ehe er seine bleibende Niere hat. An, auf und zum Theil auf Kosten dieses Organs entwickelt sich die Geschlechtsdrüse, sowohl beim Manne als beim Weibe. Beistehende Zeichnung zeigt nach Waldeyer das Epithel, welches den Wolf'schen Körper überzieht, und welches sich hier an einer bestimmten Stelle, dem Eierstockhügel *a*, verdickt. Nun fängt es an, Fortsätze in die Tiefe, in den Eierstockhügel zu treiben, oder, richtiger gesagt, das darunter liegende bindegewebige Stroma wächst, und bestimmte Stellen wachsen nicht mit, so dass sie dadurch mit dem Epithel, das darüber liegt, in die Tiefe zurücktreten, und auf diese Weise entstehen Gruben, aus denen bei weiterer Vertiefung Schläuche werden, welche von dem Epithel ausgekleidet sind. Schon frühzeitig zeigen sich in diesem Epithel einzelne Zellen, die grösser als die andern sind, und diese entwickeln sich jetzt so, dass sie sich von dem Mutterboden loslösen und von den andern umgeben werden. Diese grösseren Zellen sind die Eier und aus den andern Zellen wird das Epithel des Graaf'schen Follikels, das heisst es werden daraus die Zellen der Membrana granulosa und des Discus oophorus.

Der weitere Vorgang besteht nun darin, dass sich einzelne Stücke dieser Schläuche, in deren jedem sich ein Ei befindet, abschnüren, und auf diese Weise die Graaf'schen Follikel angelegt werden. In Fig. 72 sieht man die Anlage eines Graaf'schen Follikels, der sich eben abgeschnürt hat. Endlich, wie gesagt, wird eine grosse Menge Flüssigkeit abgesondert, so dass sich im Inneren ein mit Flüssigkeit gefüllter Hohl-

raum bildet und die Zellen ringsum an der Wand des Graaf'schen Follikels liegen. An einer Seite bleibt eine verdickte Scheibe, der Discus oophorus, in dem das Ei liegt. Kölliker weicht von Waldeyer darin ab, dass er die Zellen der Membrana granulosa und des Discus oophorus aus Schläuchen des Wolff-schen Körpers ableitet, welche nach ihm in den sich bildenden Eierstock hineinwuchern und den Abschnürungs-Process der Graaf'schen Follikeln vermitteln sollen.

Fig. 72.



Fig. 72 zeigt *aa* das Epithel des Eierstockes, bei *e* einen ganz jungen eben abgeschnürten Graaf'schen Follikel mit dem darin liegenden Ei; bei *d* einen weiter entwickelten, darin das Ei mit der Zona pellucida *z*, dem Dotter und dem Keimbläschen *k*.

Die Eier haben in ihrem ersten Jugendzustande noch keine Zona pellucida, sondern sind nackte amöbenartige Zellen, und nach Pflüger vermehren sie sich in diesem Stadium noch durch Theilung. Erst wenn diese Vermehrung durch Theilung aufgehört hat, umgeben sich die einzelnen Zellen mit einer Membran, die sich zur Zona pellucida ausbildet. So ist das Ei encystirt und es bildet sich der Graaf'sche Follikel, der in der erwähnten Weise durch Abschnürung entstanden ist, weiter aus.

In ganz analoger Weise geht auch die erste Entwicklung bei den Vögeln und beschuppten Amphibien vor sich, nur mit dem Unterschiede, dass hier, wenn das Ei so weit fertig gebildet ist, dass es eine Dotterhaut bekommen soll, sich zu dem Bildungsdotter noch ein Nahrungsdotter hinzubildet, ferner mit dem Unterschiede, dass kein mit einem Hohlraume versehener Graaf'scher Follikel existirt, sondern das Ei dauernd und bis zu seiner Reife eng umschlossen bleibt. Damit, mit der Grösse der Eier und mit der relativ geringen Masse des Eierstockstromas hängt es zusammen, dass bei den Eierlegern die Eier am Eierstock hängen, wie die Beeren an einer Traube.

Ablösung der Eier.

Wenn das Ei befruchtet werden soll, so muss es sich vom Eierstock loslösen, und dies geschieht auf folgende Weise: Wenn ein Graaf-scher Follikel an die Oberfläche gelangt ist, bekommt er immer mehr Flüssigkeit, so dass er anfängt über die Oberfläche des Eierstocks hervorzuragen. Mit der grösseren Menge der Flüssigkeit, die sich in ihm ansammelt, tritt auch eine grössere Spannung, ein grösserer Druck ein. Dieser Druck hindert die Circulation des Blutes in den Gefässen des

Graaf'schen Follikels. Diese und mit ihnen das Gewebe werden atrophisch und zerreisslich, und in Folge davon tritt früher oder später eine Zerreissung des Graaf'schen Follikels an der Oberfläche ein, so dass das Ei nun durch den Druck der Flüssigkeit ausgestossen wird. Es nimmt dabei immer eine grössere oder geringere Menge von Zellen des Discus oophorus mit.

Früher glaubte man, dass bei diesem Abfallen des Eies vom Eierstock jedesmal das Peritonaeum zerreisse. Man schrieb eben dem Eierstocke einen peritonaealen Ueberzug zu; Koster hat aber nachgewiesen, dass das Peritonaeum nicht über denjenigen Theil der Oberfläche des Eierstocks, an welchem sich die Eier ablösen, hinweggeht, ja dass sich hier nicht einmal das Epithel des Peritonaeums fortsetzt, sondern dass der Eierstock mit einem Cylinderepithel bekleidet ist, entsprechend dem cylindrischen Baue des ursprünglichen Keimepithels, aus welchem sich die Auskleidung des Graaf'schen Follikels und das Ei entwickelt haben. Erst in der Zeit der Involution des Weibes, um das fünfzigste Jahr herum und später, bekommt der Eierstock einen fibrösen Ueberzug, und damit hört dann auch das Herausfallen der Eier aus den Graaf'schen Follikeln auf. Bei den Vögeln ist der ganze Process ein ähnlicher, nur mit dem Unterschiede, dass dort die grössere Spannung nicht durch Flüssigkeit hervorgebracht wird, welche sich im Graaf'schen Follikel ansammelt, sondern durch das Wachsthum des Nahrungsdotters. Dadurch werden die Blutgefässe zusammengedrückt, die Haut des Graaf'schen Follikels mürbe und zerreisslich, und das Ei fällt ab.

Es fragt sich nun: Wann und unter welchen Umständen fallen überhaupt Eier ab? Man wusste schon längst, dass die Hühner lange Zeit fortfahren Eier zu legen, auch wenn sie nicht mit einem Hahne in Berührung gekommen sind, dass also bei diesen Thieren sicher das Abfallen der Eier vom Eierstock vom Coitus unabhängig sei. Nichtsdestoweniger hielt man in Rücksicht auf die Säugethiere und den Menschen hartnäckig die Vorstellung fest, dass die Eier in Folge des Coitus abfallen. Man stellte sich vor, es entstehe dabei eine plötzliche Congestion zu den Geschlechtsorganen und damit auch zum Eierstocke, und diese bewirke die Zerreissung der schon im Vorhinein geschwellten Graaf'schen Follikel. Die Untersuchungen von Coste, von Negrier, von Raciborski, von Bischoff und von Courty haben aber vollständig sichergestellt, dass sich die Sache nicht so verhalte, sondern dass bei den Säugethieren und beim Menschen die Eier sich periodisch vom Eierstocke ablösen, ehe noch ein Coitus stattgefunden und unabhängig davon, ob überhaupt einer stattfindet. Bei den Säugethieren ist die Zeit, zu welcher die Eier abfallen, die Zeit der Brunst. Man hat das Abfallen der Eier constatirt, indem man Hündinnen, so wie die ersten Zeichen der Brunst eintraten, absperrte, sie hernach tödtete und die Eier im Eileiter und Uterus aufsuchte. Man hat auch Gelegenheit gefunden, die Eier beim Menschen nachzuweisen. Man hat bei Mädchen, bei denen das Hymen erhalten war, und die eines plötzlichen Todes kurze Zeit nach der Menstruation gestorben waren, Eier theils in der Tuba, theils im Uterus nachweisen können. So ist es auch für die Menschen ausser Zweifel gestellt, dass das Abfallen der Eier nicht mit dem Coitus zusammenhängt, sondern wie bei den Thieren periodisch erfolgt. Es erfolgt hier zur Zeit der Menstruation.

Menstruation.

Das Eintreten der Menstruation fällt bekanntlich mit der Zeit, in welcher die Mädchen fruchtbar werden, zusammen. Die Menstruation leitet sich ein dadurch, dass etwas Schleim aus dem Os uteri und aus der Scheide ausfliesst. Der Schleim wird röthlich, und es tritt dann eine immer grössere Menge von Blut aus. Das dauert einige Tage, bei manchen Frauen bis 8 Tage, dann wird der Ausfluss wieder geringer und hört endlich ganz auf. Die Menge des Blutes, welche dabei ausgesondert wird, ist verschieden, sie wird angegeben auf 200 Gramm, sie steigt aber nach Longet auch auf 300, ja auf 500 Gramm, also ein Zollpfund. Das Menstrualblut ist an und für sich von dem gewöhnlichen Blute nicht verschieden. Aber es ist ihm immer eine grössere oder geringere Menge von Schleim beigemischt, und deshalb kann es häufig als Menstrualblut erkannt werden. Es ist dies in gerichtlichen Fällen von Bedeutung, weil bei Haussuchungen nach blutbefleckten Kleidern, wenn sich irgend ein blutbefleckter Leinwandlappen findet, manchmal ein Frauenzimmer der Familie auftritt und sagt: Das Blut ist von mir, ich habe diesen Leinwandlappen während der Menstruation benützt. Menstrualblut zeichnet sich, je mehr es mit Uterus- und Vaginalschleim gemischt ist, um so mehr dadurch aus, dass es die Wäsche viel mehr hart macht als Blut, das aus einer Wunde geflossen ist, während letzteres auch in geringer Menge tiefer gefärbte und schärfer begrenzte Flecken ohne farblos infiltrirten Rand macht. Der Experte kann also durch Befühlen des Leinwandstückes und Untersuchen der Farbe und der Ränder der Flecken oft die Angabe des Frauenzimmers bestätigen; er kann sagen, es sei Menstrualblut und nicht Blut, das aus einer Wunde geflossen ist. Dagegen ist die umgekehrte Aussage aus der Untersuchung mit blossem Auge nicht zu rechtfertigen und hat selbst nach der mikroskopischen und chemischen Untersuchung ihr Bedenkliches, da bei profuser Menstruation das Blut so reichlich und so rein fliessen kann, dass ihm keine in Betracht kommenden Mengen von Schleim und von Epithelialzellen beigemischt sind und es von solchem, das aus einer Wunde geflossen ist, nicht unterschieden werden kann.

Vor etwa dreissig Jahren und länger stritt man schon darüber, ob das Menstrualblut austrete, wie man sich damals ausdrückte, per rexin oder per diapedesin, ob dabei die Capillaren zerreissen, oder ob das Blut durch die Wandungen der Capillaren hindurchschwitze. Da es sich zeigte, dass im Menstrualblute die Blutkörperchen enthalten sind wie im andern Blute, so erhielt die Ansicht die entschiedene Oberhand, dass das Menstrualblut durch Rexis, durch Zerreissung von Capillaren, ausgeschieden werden müsse. Heutzutage kann man aber das Vorkommen von Blutkörperchen im Menstrualblute nicht mehr als entscheidend hiefür ansehen; denn Stricker hat nachgewiesen, dass nicht nur farblose Blutkörperchen, sondern auch rothe unter Umständen durch die Wandungen der Capillargefässe hindurchtreten können, und diese besonderen Umstände können sehr wohl auch im menstruirten Uterus vorhanden sein. Man hat bei Inversio uteri den Process der Menstruation direct an der inneren Uterusoberfläche beobachtet, und es wird beschrieben, es träte das Blut in

kleinen Pünktchen hervor, gleichsam wie der Schweiss aus der Haut hervortritt.

Die Zeit, zu welcher die Menstruation eintritt und aufhört, ist verschieden. Die Zeit ist im Allgemeinen früher in warmen Ländern. Nach Longet ist das Alter, in dem die Menstruation eintritt, in Warschau im Mittel $16^3/_4$ Jahre, in Paris $14^3/_4$ Jahre, in Marseille noch nicht 14. Es muss übrigens bemerkt werden, dass dies nicht allein vom Klima als solchem abhängt, nicht allein vom Einflusse der Temperatur, denn auch in nordischen Gegenden werden Frauenzimmer, die einer südlichen Race angehören, früher menstruirt und entwickelt, als die Töchter des Landes. Es ist diese Beobachtung vielfach an Zigeunermädchen gemacht worden, die sich in nördlichen Ländern aufhielten. Manche halten sogar den Einfluss der Race für das Wesentliche, den des Klimas für ganz untergeordnet, wenn nicht bedeutungslos.

Die Periode selbst tritt bei sonst gesunden Frauen meist mit ziemlicher Regelmässigkeit im Verlaufe eines Mondsmonats, also nach vier Wochen ein. Man hat aus einer grösseren Anzahl das Mittel genommen und dabei eine etwas kleinere Zahl gefunden. Aber das ist eigentlich kein Gegenstand für das Nehmen einer Mittelzahl in der Weise, dass man die Angaben von einer Reihe von Frauen addirt und dann durch die Anzahl der Angaben dividirt. Wenn man sagen will, welche Periode die normale ist, so muss man nicht das Mittel aus den Perioden einer Reihe von Frauen nehmen, sondern man muss die Periode von einer Reihe von Frauenzimmern verzeichnen und diejenige Periode als die normale betrachten, die bei der grössten Anzahl der Frauen vorkommt. Das ist offenbar die regelmässige Periode eines Mondsmonats. Das Aufhören der Periode und damit der Beginn der Involution ist nicht genau an ein bestimmtes Lebensalter geknüpft. Manchmal beginnt es schon in den Vierzigern, manchmal tritt es erst in den Fünfzigern auf.

Die äusserlich sichtbare Menstruation ist keine nothwendige Bedingung für das Abfallen eines Eies. Es kommt gar nicht selten vor, dass Frauen, bei welchen die Menstruation während des Säugens ausgesetzt hat, wieder geschwängert werden, so dass sie zwischen der ersten und zweiten Schwangerschaft kein einziges Mal menstruirt worden sind. Es wird ferner auch angegeben, dass Mädchen geschwängert worden seien, noch ehe eine äusserlich sichtbare Menstruation bei ihnen eingetreten, und es wird ferner angeführt, dass Frauen noch geschwängert worden seien zu einer Zeit, wo die äusserlich sichtbare Menstruation bereits ausgesetzt hatte. Es ist begreiflich, dass der Congestivzustand im Uterus keinen solchen Grad erreichen mag, dass Blut ausgeschieden wird, und dass nichtsdestoweniger ein Graaf'scher Follikel platzt, und sich ein Ei ablöst, so dass auf diese Weise eine Schwangerschaft ohne vorhergehende äusserlich sichtbare Menstruation eintritt.

Corpus luteum.

Was geschieht nun im Eierstocke, nachdem sich das Ei von demselben abgelöst hat? Nachdem hier die Gefässe vorher durch den Druck der Flüssigkeit im Graaf'schen Follikel comprimirt waren, werden sie nun

plötzlich dieses Druckes entlastet, es ist zugleich eine Zerreissung des Gewebes eingetreten, und beide Ursachen bewirken eine Congestion, welche zu einer Art von Entzündungsprocess wird. Es häuft sich an der inneren Oberfläche des zerrissenen Graaf'schen Follikels und in der Wand selbst eine grosse Menge von Zellen an, die sich theilweise zu Gewebe organisiren, von der Oberfläche aus tritt eine reichliche Vascularisation ein, und auf diese Weise bildet sich eine compacte Masse, die wir der gelben Farbe wegen, die sie später annimmt, mit dem Namen des Corpus luteum bezeichnen. Die gelbliche Farbe rührt von Haematoidin her, welches sich häufig in beträchtlicher Menge in diese Corpora lutea eingelagert findet. Das Haematoidin der Corpora lutea war das Material, an welchem Holm nachgewiesen hat, dass das Haematoidin nicht, wie man eine Zeitlang glaubte, identisch sei mit dem orangegelben oder orangerothen Gallenfarbstoffe, dem Cholepyrrhin oder Bilirubin. Man muss indessen zwei Arten von Corpora lutea unterscheiden: die einen, welche sich vorfinden, wenn keine Schwangerschaft eingetreten ist, und die andern, welche sich vorfinden, wenn Schwangerschaft eingetreten ist. Die ersteren sind viel kleiner und haben eine viel kürzere Lebensdauer: sie verschwinden nach verhältnissmässig kurzer Zeit, und das Ganze zieht sich wieder in das Gewebe des Eierstocks zurück. Nach ein bis zwei Monaten ist keine Spur davon zu finden. Wenn dagegen eine Schwangerschaft eintritt, dann wächst auch das Corpus luteum sehr gross aus, seine Masse kann so gross oder grösser werden, als die des ganzen Eierstocks und noch gegen das Ende der Schwangerschaft können sich die Reste eines solchen Corpus luteum vorfinden. So lautet wenigstens die gangbare Lehre. Das Corpus luteum, dessen Reste man in Leichen schwangerer oder während der Geburt verstorbener Weiber findet, ist nach der gewöhnlichen Annahme, welche die Ablösung der Eier während der Schwangerschaft gänzlich aufhören lässt, stets noch das Corpus luteum, welches dem Graaf'schen Follikel angehört, dessen Ei im Uterus zur Entwicklung kam. Diesem widerspricht jedoch Meyerhofer. Nach ihm lösen sich auch während der Schwangerschaft Eier ab. Er stützt sich darauf, dass bei Tubarschwangerschaften nahezu in der Hälfte der Fälle das Corpus luteum nicht auf derselben Seite mit der Frucht, sondern auf der entgegengesetzten gefunden sei, ja dass dies selbst in Fällen vorgekommen, in denen wegen anomaler Bildung des Uterus kein Ueberwandern durch die Höhle desselben stattfinden konnte. Es blieb nach der gangbaren Lehre in solchen Fällen nichts Anderes übrig, als anzunehmen, dass das Ei in die Bauchhöhle gefallen und von dort aus in die andere Tuba gelangt sei. Auch im Eierstocke der Vögel bildet sich, wenn das Ei abgefallen ist, ein Corpus luteum. Aber wegen der andern Gestalt des Eierstocks, der eben keine compacte Masse bildet, wie der Eierstock des Menschen, sondern an dem die Eier frei aufgehängt sind, kann hier keine Kuppel entstehen, die über eine Fläche hervorragt, wie dies beim Corpus luteum der Säugethiere der Fall ist. Das Corpus luteum ist hier ein gelapptes Gebilde, das neben den übrigen noch am Eierstock sitzenden Eiern an demselben hängt.

Uebergang des Eies in die Tuba.

Das Ei selbst wird, wenn es vom Eierstocke abfällt, normaler Weise von der Tuba aufgenommen. Auf welche Weise dies geschieht, ist nicht mit Sicherheit bekannt. Offenbar kann die Tuba in jenem Momente, wo sie das Ei aufnimmt, nicht die Lage haben, in der wir sie in der Leiche vorfinden, denn diese wäre dazu durchaus ungeeignet. Sie muss sich aufrichten, so dass sie in innigere Verbindung mit dem Eierstocke tritt. Nur eine Fimbria, die sogenannte Fimbria ovarica, reicht bis an den Eierstock heran, und ihr Epithel geht sogar bisweilen unmittelbar in das Epithel des Eierstocks über, bisweilen schiebt sich aber noch anderes Epithel dazwischen ein. Aber auf welche Weise richten sich die übrigen Fimbrien in der Weise auf, dass sie einen Trichter bilden, in welchen das Ei hineinfällt? Darüber gibt es zwei Vorstellungen. Nach der ersten richtet sich die Tuba durch Gefässcongestion, durch eine Art Erection auf, nach der zweiten wird die Tuba durch die Contraction ihrer Muskelfasern, und durch diejenigen in der Ala vespertilionis an den Eierstock in passender Weise herangebracht. Man hat aus dem Verlaufe dieser Muskelfasern ableiten wollen, dass, wenn sie sich zusammenziehen, die Tuba gerade so aufgerichtet wird, dass das Ei hineinfällt: aber bei ihrem höchst complicirten Verlaufe würde man auch manches Andere haben ableiten können, als eben dasjenige, was man ableiten wollte.

Der Same.

Wenn das Ei in die Tuba gelangt ist, so wird es von da gegen den Uterus fortgeschoben, und auf diesem Wege oder im Uterus selbst wird es befruchtet. Die Befruchtung wird durch die Spermatozoiden ausgeführt, kleine Gebilde, die vermöge eines sogenannten Schwanzes, einer grossen Wimper, welche sich lebhaft in der Flüssigkeit bewegt, in derselben fortgetrieben werden. Die Spermatozoiden haben bei verschiedenen Thieren eine sehr verschiedene Gestalt. Die des Menschen bestehen aus einem birnförmigen Körper, an dessen dickerem Ende das Schwänzchen angesetzt ist. Man hat in diesem birnförmigen Körper noch wieder besondere Gebilde, einen Kern, ja sogar einen Saugnapf entdecken wollen: aber selbst mit den stärksten Vergrösserungen lässt sich an dem Körper der menschlichen Spermatozoiden keine feinere Organisation unterscheiden. Es gibt aber allerdings Spermatozoiden, welche offenbar einen complicirteren Bau haben, als er an denen des Menschen sichtbar ist. Dies sind z. B. die Spermatozoiden des Salamanders, welche einen länglichen Körper haben, vorn an demselben ein stachelartiges Gebilde mit einer Art Widerhacken und hinten einen sehr langen Schweif, über welchem man eine Wellenlinie sich bei den Bewegungen des Spermatozoids fortwährend bewegen sieht. Diese Wellenlinie hat verschiedene Deutungen erfahren, bis Czermak entschieden nachgewiesen, dass auf dem Schwänzchen dieses Spermatozoids sich eine Art von Flosse befindet, ein platter Saum, der, wie die Rückenflosse eines Fisches, in Wellenform flottirt, und dadurch diese wellenförmige Linie hervorruft.

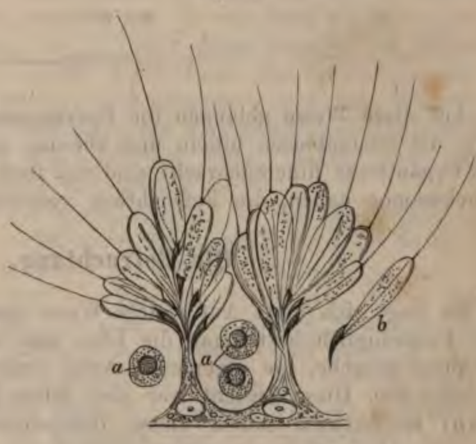
Um die Spermatozoiden in ihrer Entwicklung zu verfolgen, müssen wir zu den Samencanälchen des Hodens zurückgehen. Diese münden be-

kanntlich in das sogenannte Rete vasculosum Halleri, aus diesem gehen die Vasculi efferentes hervor. Diese bilden die Coni vasculosi des Nebenhodens und aus diesen setzt sich wieder der Canal des Nebenhodens zusammen, der nach zahlreichen Windungen in das Vas deferens übergeht. Die Bildungsstätte der Spermatozoiden sind die Samencanälchen selbst. Die Spermatozoiden müssen also, ehe sie zum Vas deferens und den Samenblasen hin gelangen können, den vorher beschriebenen Weg zurücklegen. Die Samencanälchen haben eine bindegewebige Membran, die, wie die Untersuchungen von Ludwig gezeigt haben, unmittelbar von Lymphe umspült ist, so dass man die interstitiellen Gewebsräume um die Hodencanälchen herum direct von den Lymphgefässen des Hodens aus injiciren kann. Ausserdem werden sie von zahlreichen Blutcapillaren umsponnen, und in ihrem Innern sind sie mit einem Epithel ausgekleidet, in dem man nach den Untersuchungen von v. Ebner und von Neumann zwei Arten von Zellen unterscheiden muss. Die einen sind mit einer sogenannten Fussplatte, in der auch zugleich der Kern liegt, auf der Membrana propria des Samencanälchens befestigt. Sie haben einen in axipetaler Richtung schlank aufstrebenden Zellenleib, der sich im Laufe der Entwicklung an seinem oberen Ende in eine Reihe von Lappen theilt, die nun einzeln fortwachsen. So entstehen palmenartige Gebilde, wie sie Fig. 73 und Fig. 74 von der Ratte nach Zeichnungen von Neumann zeigen. Zwischen denselben liegt die zweite Art von Zellen,

Fig. 73.



Fig. 74.



sphäroidische Zellen, Fig. 74 *a a*, welche in eine weiche Masse eingebettet die ganzen Zwischenräume zwischen den ersteren ausfüllen. In den oben erwähnten Lappen nun bilden sich die Spermatozoiden. Zuerst sieht man den Körper wie in Fig. 73, dann auch den Schweif, wie in Fig. 74. Ein weiteres Entwicklungsstadium zeigt Fig. 75 und endlich Fig. 76, das fertige von der Mutterzelle abgefallene Spermatozoid.

Die ausgebildeten und freigewordenen Spermatozoiden rücken in den Samencanälchen fort bis sie in die Ductuli efferentes kommen. In diesen ändert sich das Epithel, es wird hier in ein Flimmerepithel umge-

wandelt. Nun werden die Spermatozoiden von den Flimmern erfasst, deren Bewegung, wie schon der Entdecker dieses Flimmerepithels, Otto Becker, wusste, von dem Hoden gegen das Vas deferens hin gerichtet ist. Durch die Flimmerbewegung werden sie also in den Coni vasculosi fortgetrieben bis in den Canal des Nebenhodens hin. Am Anfange des Canals des Nebenhodens und sicher bis zur Mitte hin befindet sich ein Flimmerepithel, das noch viel grösser ist als das in den Coni vasculosi und in den Ductuli efferentes. Das in den Coni vasculosi und den Ductuli efferentes ist dem ähnlich, das sich auf der Respirationsschleimhaut und in der Nase befindet, dieses aber besteht aus viel höheren Zellen, deren Kern im unteren Drittheil liegt und die Cilien haben, welche nicht einfach wie Gerten auf- und abwärts schwingen, sondern sehr lang sind und wellenförmige Bewegungen machen. Von diesem Flimmerepithel werden die Spermatozoiden weiter fortgetrieben. Wie weit dasselbe beim Menschen reicht, ist nicht mit Sicherheit bekannt, bei Säugethieren hat es Becker schon bis in das Vas deferens verfolgt.

Fig. 75.

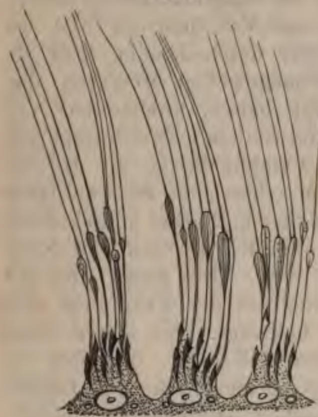
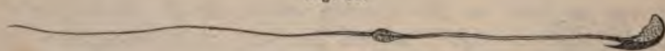


Fig. 76.



Auf diese Weise gelangen die Spermatozoiden in das Vas deferens und in die Samenblasen hinein und können, nachdem sie in den weiblichen Organismus hineingebracht sind und freie Bewegung in der Flüssigkeit bekommen haben, die Befruchtung vornehmen.

Die Befruchtung.

Es fragt sich nun: Auf welche Weise geschieht denn die Befruchtung? Ursprünglich hatte man die Idee, dass ein flüchtiger Körper von dem Samen ausgehe, die sogenannte Aura seminalis, und dass dieser die Eier befruchte. Diese Ansicht war aber schon durch Versuche von Spallanzani erschüttert, indem dieser Befruchtung mit sehr verdünntem Samen vornahm, aber es immer nothwendig fand, den Samen in unmittelbare Berührung mit den Eiern zu bringen. Später haben Prévost und Dumas Versuche über diesen Gegenstand angestellt und gezeigt, dass nicht nur kein flüchtiger Körper vom Samen ausgeht, der befruchten kann, sondern dass auch die Samenflüssigkeit nicht im Stande ist zu befruchten, dass es die Spermatozoiden sind, welche zu dem Ei gelangen müssen. Sie filtrirten mit Wasser verdünnten Froschsamen und fanden, dass derselbe schlechter befruchte als nicht filtrirter, und je öfter sie ihn filtrirten, um so mehr nahm sein Befruchtungsvermögen ab, begreiflicherweise, weil zwar einige Spermatozoiden immer durch das Filter

hindurchschlüpften, aber beim wiederholten Filtriren immer ein neuer Theil derselben auf dem Filtrum zurückblieb.

Die Beweglichkeit der Spermatozoiden ist nothwendig zur Befruchtung. Man hat keine Befruchtung erzielt durch Spermatozoiden, welche dieselbe bereits verloren hatten. Andererseits scheinen aber nicht alle Spermatozoiden, die noch beweglich sind, im Stande zu sein, zu befruchten. Schenk hat Samen frieren lassen, hat ihn dann wieder aufgethaut und die Spermatozoiden durch eine Temperatur von 30°—40° wieder zur Bewegung gebracht; es ist aber nicht gelungen mit diesem Samen noch Befruchtung zu bewirken.

Wie geht nun die Befruchtung vor sich? Worin besteht der Act der Befruchtung? Eine lange Zeit hatte man die Spermatozoiden immer nur an der Oberfläche des Eies gesehen. Ein englischer Beobachter, Barry, gab freilich schon vor mehr als 30 Jahren an, er habe im Innern eines Kaninchenei's ein Spermatozoid gesehen, aber es hat ihm Niemand geglaubt: er hatte sich in einem andern Punkte getäuscht, und deshalb hat man dieser Angabe keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt. Dann gab Newport an, er habe Spermatozoiden in die Eier der Frösche eindringen sehen, und Keber gab an, dass er Spermatozoiden in die Eier von Muscheln eindringen sah und zwar durch eine eigene trichterförmige Oeffnung, die er mit dem Namen der Micropyle belegte. Zugleich gab er auch an, er habe sie im Innern des Kanincheneies gesehen. Diesem trat Bischoff entgegen und wies nach, dass das, was Keber vor sich gehabt hatte, kein wahres Kaninchenei gewesen sei, und er bezweifelte deshalb damals auch die Angaben von Keber über die Mollusken. In einer späteren Abhandlung hat er aber diese Angabe von Keber bestätigt und auch in ein wahres Kaninchenei die Spermatozoiden verfolgen können. Seitdem ist bei einer grossen Anzahl von Thieren verschiedener Ordnungen und Gattungen das Eindringen der Spermatozoiden verfolgt worden, und man hat heutzutage keinen Zweifel mehr darüber, dass dies für die Befruchtung unerlässlich sei.

Wie kommen nun die Spermatozoiden in das Säugethierei hinein und durch die dicke und verhältnissmässig harte Zona pellucida hindurch? Man sieht auf der Zona pellucida bei starker Vergrösserung eine radiale Streifung, und Pflüger gibt an, dass die Zellen des Discus oophorus gelegentlich in diese Streifen, die nach ihm von Poren herrühren, hineinwachsen, die ganze Zona pellucida durchwachsen und dann an der inneren Seite in einen Knopf anschwellen, so dass sie wie ein vernieteter Nagel in der Zona pellucida stecken. Hienach wird es wahrscheinlich, dass die Zona pellucida des Menschen und der Säugethiere nicht eine, sondern eine grosse Anzahl von Micropylen habe, durch welche eben die Spermatozoiden in das Innere des Eies einwandern können.

Wo treffen nun Spermatozoiden und Eier miteinander zusammen? Gewiss treffen sie häufig erst im Uterus miteinander zusammen, nämlich immer dann, wenn bis zur nächsten Begattung die Eier Zeit gehabt haben ihren Weg durch die Tuben zurückzulegen und im Uterus anzulangen. Sie scheinen aber auch schon in der Tuba mit dem Samen zusammen zu treffen. Dies muss man schliessen aus den Tubarschwangerschaften, denjenigen Schwangerschaften, bei welchen das Ei sich nicht im Uterus, sondern in der Tuba entwickelt, wenn man nicht annehmen

will, dass das Ei erst in den Uterus gelangt und dann in die Tuba zurückgekehrt, oder von der anderen Seite her durch den Uterus hindurchgewandert ist.

Kann die Befruchtung auch im Eierstocke vor sich gehen, so dass Spermatozoiden in das Ei eindringen, welches sich noch im Graaf'schen Follikel befindet? Ich kann mich nicht entschliessen wirkliche Ovarialschwangerschaften anzunehmen, denn ich begreife nicht, wie die Spermatozoiden durch die Wandungen des Graaf'schen Follikels in denselben eindringen und zum Ei gelangen sollten. Es müssten zwingende Thatsachen vorhanden sein, und diese sind nicht vorhanden. Wenigstens ist mir kein zwingender Fall zu Gesichte gekommen. Bei dem Verlöthungsprocesse, der immer oder doch meistens bei einer Tubarschwangerschaft in der Weise eintritt, dass die Tuba mit dem Eierstocke verklebt, vereinigt wird, kann es sehr leicht geschehen, dass es so aussieht, als ob das Ei sich im Eierstocke entwickelt hätte. In der That erwies sich eine Ovarialschwangerschaft, die mir als solche gezeigt wurde, bei näherer Untersuchung als eine Tubarschwangerschaft, bei der sich der Eierstock mit der hypertrophirten und stark vascularisirten Tuba verlöthet hatte.

Es kann aber auch die Befruchtung ganz am Eingange der Tuba stattfinden, und es kann dann geschehen, dass das Ei hinterher sich nicht fortwährend in der Tuba entwickelt, sondern in die Bauchhöhle hinaustritt und sich dort weiter entwickelt. Das sind die sogenannten Bauchhöhlenschwangerschaften. Vielleicht können solche Bauchhöhlenschwangerschaften auch so zu Stande kommen, dass das Ei gleich anfangs in die Bauchhöhle fällt und dort von Spermatozoiden befruchtet wird, die durch die Tuba in die Bauchhöhle ausgeschwärmt sind.

Der Furchungs- oder Zerklüftungsprocess des Dotters.

Was weiter aus dem Spermatozoid im Ei wird, ist nicht bekannt. Man weiss nur, dass im Ei, ehe die eigentliche Entwicklung beginnt, eine Reihe von vorbereitenden Veränderungen stattfinden. Diese beginnen damit, dass der Dotter des Eies sich in zwei Massen zusammenballt. Er zieht sich dabei etwas von der Zona pellucida zurück, das Keimbläschen verschwindet, und statt der einen sphärischen Masse erscheinen nun zwei Halbkugeln, und in jeder derselben liegt wiederum ein heller Fleck in ähnlicher Weise, wie früher das Keimbläschen im Dotter lag. Darauf fangen diese Halbkugeln an sich von der Oberfläche in einer Furche einzuschnüren, und jede dieser beiden Halbkugeln theilt sich wieder in zwei Stücke, so dass nun der ganze Dotter in vier Stücke getheilt ist. Diese Kugelquartanten, die wie die Abtheilungen einer Orange neben einander liegen, theilen sich dann der Quere nach, so dass jetzt acht Kugeloctanten entstehen, und diese theilen sich in ähnlicher Weise dadurch, dass sich die Masse um neue Centra zusammenzieht, fort und fort in immer kleinere und kleinere Stücke, in deren jedem wieder ein heller Fleck zum Vorschein kommt. Wenn endlich die Theilung immer weiter und weiter fortgeschritten ist, so ist das Endproduct dieses Furchungs- oder Zerklüftungsprocesses eine Masse von Keimzellen; die letzten Theilungs-Producte, die entstehen, gleichen im

Wesentlichen, in ihren Dimensionen und ihren Eigenschaften, nackten Zellen, in welchen der helle Fleck, der sich in der Mitte befindet, den Kern darstellt.

Die Furchung bezieht sich überall nur auf den Bildungsdotter, der Nahrungsdotter ist dabei vollkommen unbetheiligt. Deshalb erstreckt sich bei denjenigen Thieren, die nur einen Bildungsdotter haben, der Furchungsprocess über das ganze Ei. Bei denjenigen aber, die einen Bildungsdotter und einen Nahrungsdotter haben, erstreckt sich die Furchung nur über den Theil des Eies, welchen der Bildungsdotter ausmacht.

Durch die Furchung sind die Bausteine für den Aufbau des Embryo geliefert. Sie gruppiren sich zunächst im Säugethiere so, dass sie sich gegen die Peripherie zurückziehen, so dass sich eine Höhle bildet, dass sie einen Theil des Eies mit einer einfachen Schichte auskleiden und an einem andern Theile desselben angehäuft sind. Die ganze Summe dieser Zellen bezeichnet man jetzt mit dem Namen der Keimhaut, und den Theil, wo sie angehäuft sind, nennt man den Embryonalfleck.

Die Bausteine für den Embryo haben aber vor anderen Bausteinen den Vorzug, dass sie sich durch Theilung vermehren. Zunächst entwickelt sich eine zweite Schicht von Zellen; die Keimhaut besteht von da an also aus zwei Lagen, aus zwei Blättern, die man mit dem Namen des äusseren Blattes und des inneren Blattes der Keimhaut bezeichnet, und von denen jedes theils selbstständig, theils mit dem anderen vereinigt durch weitere Vermehrung der Zellen fortwächst.

Da der Embryo zunächst aus dem Embryonalfleck oder Keimhügel hervorgeht, so ist hiemit ein Gegensatz gegeben, zwischen einem Theile des Eies, in welchem sich der Embryo entwickelt, und einem andern Theile des Eies, welcher dieser Entwicklung gegenüber eine secundäre Rolle spielt. Dieser Gegensatz existirt aber nicht bei allen Eiern in gleicher Weise. Bei den Eiern der meisten wirbellosen Thiere existirt ein solcher Gegensatz überhaupt nicht, sondern, nachdem der Furchungsprocess zu Ende ist, fangen die Zellen, die sich bei der Furchung gebildet haben, an, zu proliferiren, sich zur Gestalt des zukünftigen Embryo zu verschieben, u. s. w., es wird gewissermassen aus der zusammenhängenden Masse der neue Embryo geformt. Dies sind diejenigen Thiere, von denen man sagt, dass kein Gegensatz zwischen Embryo und Dotter existire. Bei den Gliederthieren existirt dieser Gegensatz und zwar so, dass der Embryo sich, wie bei den Wirbelthieren, an einer bestimmten Stelle entwickelt, aber nicht, wie bei diesen, mit der Bauchseite auf dem Dotter liegt, sondern umgekehrt mit der Rückseite, oder, wenn man sich das Ei umgekehrt vorstellen will, so, dass der Embryo den Dotter auf dem Rücken trägt. Bei den Cephalopoden finden wir, dass der Embryo den Dotter auf dem Kopfe trägt, oder wenn Sie sich das Ei umgekehrt denken, auf dem Kopfe stehend auf dem Dotter ruht. Endlich bei den Wirbelthieren sehen wir den Embryo ausnahmslos bäuchlings auf dem Dotter ruhen.

Unter den Wirbelthieren selbst nun muss man wieder zwei grosse Abtheilungen unterscheiden: diejenigen, die Amnion und Allantoïs, die wir bald näher kennen lernen werden, entwickeln, das sind die Säugethiere, die Vögel und die beschuppten Amphibien, und diejenigen, die kein Amnion und keine Allantoïs haben, das sind die nackten Amp[illegible]

bien und die Fische. Die Thiere der ersten Abtheilung zerfallen dann wiederum in zwei grosse Abtheilungen, wovon die eine von den Vögeln und beschuppten Amphibien gebildet wird, bei denen ein mächtiger Nahrungsdotter vorhanden ist, welcher erst später von dem Embryo resorbirt wird. Die zweite dieser Abtheilungen bilden die Säugethiere, die keinen Nahrungsdotter haben, weil sie eben das Material für ihre weitere Ernährung und ihr Wachsthum während der Entwicklung dem mütterlichen Organismus entnehmen.

Ehe wir zur Entwicklung des Embryo übergehen, muss ich bemerken, dass der Furchungsprocess nicht nothwendig von der Befruchtung abhängt. Die Untersuchungen, welche von Bischoff, von Hensen, von Oellacher an Wirbelthieren verschiedener Abtheilungen gemacht sind, haben gezeigt, dass der Furchungsprocess, wenn auch nicht mit der vollen Regelmässigkeit, auch vor sich geht an unbefruchteten Eiern, dass er aber nicht vollständig abläuft, dass er nicht zu dem Endresultate, nicht zur Bildung der Keimhäute führt. Oellacher hat versucht, wie das schon früher Prévost und Dumas gethan hatten, unbefruchtete Eier zu bebrüten, und er hat gefunden, dass die entstandenen Furchungskugeln proliferiren, dass sich neue Zellen am Rande entwickeln in ähnlicher Weise, wie dies bei befruchteten Hühnereiern geschieht, dass aber diese Zellen sich nicht mit der gewohnten Regelmässigkeit anordnen, und dass im Centrum des Keimes bald eine regressive Metamorphose beginnt, die bei weiterer Bebrütung das Uebergewicht über die progressive erhält, die am Rande vor sich geht, so dass die Bebrütung keine weiteren Resultate hat. Es wird dieser Vorgang von Oellacher als parthenogenetischer Vorgang aufgefasst, so dass die Eier von den Insecten, bei denen Parthenogenesis vorkommt, sich dadurch von den Eiern der Wirbelthiere unterscheiden würden, dass die unbefruchteten Eier den ganzen Entwicklungsprocess durchmachen können, während bei den nichtbefruchteten Wirbelthiereiern nur die ersten vorbereitenden Stadien durchlaufen werden, und dann der weitere Entwicklungsprocess, wenn ich mich so ausdrücken darf, verunglückt.

Waldeyer hat ferner darauf hingewiesen, dass wahrscheinlich die sogenannten Dermoidcysten im Eierstocke aufgefasst werden müssten als parthenogenetische Producte, dass sie wahrscheinlich daraus hervorgegangen seien, dass sich ein Ei entwickelt habe, wenn auch nicht in der normalen Weise, doch zu Gewebstheilen von ähnlicher Art, wie sie im normalen Organismus vorkommen.

Die Keimblätter.

Der erste Schritt zur Weiterentwicklung war der, dass die Keimhaut durch Proliferation ihrer Zellen eine zweite Schicht bildete, und somit zwei Blätter der Keimhaut, ein äusseres und ein inneres Keimblatt, gebildet wurden. Diese Trennung setzt sich bis zu einer gewissen Grenze in den Keimhügel hinein fort. Dann verliert der Embryonalfleck seine ganz runde Gestalt, er wird ein wenig elliptisch und zugleich zeigt sich in der Längsaxe der Ellipse eine Furche. Diese Furche ist die sogenannte primitive Rinne. Ich will hier gleich vorwegnehmen, dass aus

dieser primitiven Rinne später bei den meisten Wirbelthieren der Canalis centralis medullae spinalis und dessen Fortsetzung in das Gehirn, also der vierte Ventrikel und der Aquaeductus Sylvii wird. Zu beiden Seiten dieses Centralcanals liegen ein paar Schichten, die sich später erheben, um sich schliesslich über der primitiven Rinne zu schliessen, dieselbe zu überdachen. Dies sind die sogenannten Uranlagen des Centralnervensystems. Diese bilden sich also aus der oberflächlichen Schichte und gehören ihrer Lage nach dem äusseren Blatte der Keimhaut an. Ehe ich aber die weitere Verwendung des letzteren bespreche, muss ich darauf aufmerksam machen, dass in Rücksicht auf die Art und Weise, wie sich der Keim verhält, und wie sich das Material desselben in dem zukünftigen Embryo vertheilt, im Laufe der Zeiten sehr verschiedene Theorien geherrscht haben. Die bis zum Ende der dreissiger Jahre und Anfangs der vierziger Jahre herrschende Theorie von Pander und v. Baer nahm an, dass sich aus dem äusseren Blatte der Keimhaut der sogenannte animale Leib des Embryo bilde, also Oberhaut, Muskeln, Knochen, Nervensystem, dass sich aber aus dem inneren Blatte der Keimhaut der sogenannte vegetative Leib bilde, die Eingeweide, und dass sich dann ein drittes Blatt zwischen beiden entwickle, das Gefässblatt, aus dem die Blutgefässe hervorgehen sollten.

Diese Theorie wurde zuerst von Reichert angegriffen, der sagte: Aus der äussersten Zellenschichte, aus v. Baer's äusserem Keimblatte oder serösem Blatte bildet sich überhaupt nichts, das ist eine Umhüllungshaut, die zu Grunde geht. Dagegen entsteht aus den Anlagen zu beiden Seiten der primitiven Rinne das Centralnervensystem, unmittelbar darunter entsteht die Chorda dorsalis, um welche herum sich hinterher die Wirbel entwickeln, und aus dem Baer'schen Schleimblatte oder innerem Keimblatte entwickelt sich wiederum nichts Anderes als das Epithelium des Darmcanals. Alles Uebrige entwickelt sich aus einem neuen Gebilde, das zwischen beiden liegt, das aber nicht v. Baer's Gefässblatt ist, sondern das Reichert mit dem Namen der Membrana intermedia bezeichnet.

Diese Auffassung der Dinge basirt auf der richtigen Grundanschauung, dass die peripherischen Schichten, sowohl die oberflächlichste als die tiefste, als die ältesten sich an und für sich weniger verändern, dass aus ihnen verhältnissmässig nicht viel mehr wird, sondern dass der grösste Theil des Embryo aus der in steter Proliferation begriffenen Zellenmasse entsteht, die zwischen ihnen liegt. Aus dieser baut sich die Membrana intermedia Reichert's auf und aus dieser fast der ganze Leib des Embryo.

In Rücksicht auf die Bildung des Keimes sind in neuerer Zeit noch wesentliche neue Beobachtungen hinzugekommen. Beim Hühnchen hebt sich der Keim von der Unterlage etwas ab, so dass hier eine sogenannte Keimhöhle entsteht. In dieser befinden sich eigene zellige Elemente, die sich nach den Beobachtungen von Stricker und Peremeschko gegen den Rand hin verschieben und sich mit anderen Elementen, welche durch Proliferation der Zellen am Rande des Keimes erzeugt werden, zwischen die beiden Blätter der Keimhaut hineinbegeben und hier eine Zwischenschicht bilden, aus welcher sich ein sehr grosser Theil des Embryo entwickelt. Nach His soll der Keim nicht blos aus Elementen

des gefurchten Dotters bestehen, sondern es sollen Zellen des nicht gefurchten sich direct am Aufbaue des Embryo betheiligen.

Ich erwähne indess diese Angaben hier nur kurz, weil diese frühen Stadien im Säugethierei nicht hinreichend beobachtet sind, und die Angaben, die vom Hühnerei entnommen sind, nicht in derselben Weise auf den Menschen übertragen werden können, wie die, welche nach Beobachtungen an Säugethieren gemacht sind. Ich musste sie aber deshalb erwähnen, weil wir genöthigt sind, vielfach das Hühnchen, dessen Entwicklung der Beobachtung leicht zugänglich ist, als Paradigma für die Wirbelthiere überhaupt zu benützen.

Zu der Zeit, wo diese eben besprochenen Veränderungen im Keime des Hühnereies stattfinden, fängt derselbe an seiner Peripherie zu wachsen an und wächst immer weiter über den Nahrungsdotter hin, so dass man schon äusserlich und mit blossem Auge seine Ausbreitung erkennt.

Fig. 77.



Dann bildet sich in der Mitte ein heller Fleck, die sogenannte Area pellucida. In diesem hellen Flecke entwickelt sich der Embryo, entwickelt sich die primitive Rinne und theilen sich die verschiedenen Keimblätter von einander. Zu der Zeit, wo die primitive Rinne sich merklich vertieft, wo sich ihre Ränder bereits wallförmig erhoben haben, denken Sie sich einen Querschnitt durch den Embryo gemacht, so haben Sie beistehende Fig. 77 vor sich. Erstens das Centralnervensystem, das hier schon in Hufeisenform erscheint, und die primitive Rinne *a*, ferner die seitliche Fortsetzung des äusseren Blattes der Keimhaut *b b*, aus welcher hier die Epidermoidalgebilde hervorgehen. Unter dem Centralnervensystem befindet sich die Chorda dorsalis *(e)* und zu aller unterst, unter der Chorda dorsalis hinziehend, das innere Blatt der Keimhaut *(dd)*, aus welchem, wie schon Reichert angegeben hat, nur das Epithelium des Darmcanals und der Drüsen desselben hervorgeht. Zwischen äusserem und innerem Blatt liegt eine Zellenmasse *c c*, aus welcher zu beiden Seiten der Chorda und des Centralnervensystems die Uranlage der Wirbel hervorgeht. Weiter seitlich spaltet sich dieses mittlere Keimblatt in eine äussere Platte, welche dem äusseren Keimblatte, dem sogenannten Hornblatte anliegt, und welche wir nach Remak mit dem Namen der Hautmuskelplatte bezeichnen, und in eine innere Platte, welche dem inneren Keimblatte, dem Schleimblatte v. Baer's anliegt, und welche wir mit dem Namen der Darmfaserplatte bezeichnen. Das ist das erste Stadium, in welchem die Anlage der verschiedenen Theile deutlich von einander geschieden ist.

Wir gehen jetzt zu einem zweiten Stadium über, das Sie in Fig. 78 dargestellt sehen. Hier ist das Centralnervensystem schon nach oben ge-

schlossen und umgibt den jetzt noch spaltförmigen Canalis centralis medullae spinalis *(a)*. Zu beiden Seiten liegen zunächst die Massen, aus

Fig. 78.



welchen später die Wirbel hervorgehen, die Uranlage des Wirbelsystems *(c c)*. Seitlich von ihnen liegt jederseits ein Zellenhaufen, aus dem wir später den Ausführungsgang der Urniere des Embryo hervorgehen sehen. Darunter liegt schon die Anlage von zwei grossen Blutgefässen, den Aorten. Die Trennung zwischen Darmfaserplatte und Hautmuskelplatte hat sich bereits so vollständig vollzogen, dass zwischen beiden eine Höhle vorhanden ist. Diese Höhle ist die erste Anlage der Pleuroperitonealhöhle.

Eihäute und Placenta.

Ehe wir nun die Entwicklung des Embryo weiter verfolgen, gehen wir zu der Art und Weise über, wie er sich mit seinen Schutz- und Hülfsgebilden, den sogenannten Eihäuten umgibt. Denken Sie sich, dass der Embryo sich mit seinem Kopfe und auch mit den Partien zu beiden Seiten der Axe, aus denen sich später seine Flanken bilden, etwas nach abwärts krümme, so erhalten Sie eine Gestalt, die sich am leichtesten unter dem Bilde eines umgestürzten Kahnes vorstellen lässt, eines Kahnes, dessen Kiel nach oben und dessen offene Seite nach dem Dotter gewendet ist. Wenn Sie sich denken, der noch sehr kleine Embryo wachse und senke sich dabei in den Dotter ein, indem an seiner Peripherie das äussere Blatt der Keimhaut mit der Hautmuskelplatte so viel nachwächst, dass dadurch für das Wachsthum und die Ortsveränderung des Embryo der nöthige Spielraum geschaffen wird, so muss dadurch eine Falte entstehen, deren freier Rand oben eine der ursprünglichen Grösse des Embryo entsprechende Oeffnung umschliesst, den Embryo mantelartig überdeckt und an der Peripherie mit der Anlage für seine Flanke in directem Zusammenhange steht. Dieser Mantel ist das Amnion, und die obere Oeffnung ist der Ort des Amnionnabels. Man schildert den Vorgang gewöhnlich so, als ob das Amnion über den Embryo hinaufwachse, um sich über ihm zu schliessen. Das ist aber nur theilweise richtig, indem der Embryo namentlich an der Peripherie und an den Enden seinen Ort mehr verändert, als der freie Rand der Amnionfalte. Dieser schliesst sich nun immer enger zusammen, wobei nach den Beobachtungen von Schenk eine Zellenwucherung vom Hornblatte ausgeht, die endlich die Oeffnung vollständig verschliesst. Dann trennt sich in diesem Nabel das Amnion vollständig vom Reste des äusseren Blattes der Keimhaut, wobei es an

der bezüglichen Stelle wieder eine kleine Oeffnung bekommt, die sich demnächst aber auch wieder schliesst. Das Amnion ist beim Menschen schon am 4. bis 5. Tage fertig. Hiemit hat also der Embryo eine neue Hülle bekommen. Ausserdem geht aber noch das äussere Blatt der Keimhaut um das ganze Ei herum, denn Embryo und Amnion haben sich ja im Amnionnabel von ihm abgeschnürt ohne eine Lücke zu lassen. Alles Material, das sie verbraucht haben, ist durch Wachsthum ersetzt worden. Bei den Säugethieren und den Menschen ist unterdessen die Dotterhaut, die Zona pellucida, geschwunden. Das äussere Blatt der Keimhaut bildet jetzt die äusserste Bedeckung des Eies.

In Fig. 79, welche das Hühnchen nach v. Baer darstellt, ist *d* die Dotterhaut, *s* das äussere Blatt der Keimhaut, *m m* der freie Rand der Amnionfalte, welcher sich zum Amnionnabel zusammenzieht. In Fig. 80 (gleichfalls Hühnchen nach v. Baer) sieht man das Amnion *m m* bereits geschlossen und vom Rest des äusseren Keimblattes *(s s)* getrennt.

Bei Säugethieren und Menschen nun fängt das äussere Blatt der Keimhaut an Fortsätze zu treiben, mittelst welcher sich das Ei in der Uterusschleimhaut einpflanzt, wie mit Würzelchen befestigt. Ich muss hier daran erinnern, dass sich an der inneren Oberfläche des Uterus eine grosse Menge von Drüsen befindet, die sogenannten Utriculardrüsen. Es sind dies schlauchförmige, ästig verzweigte Drüsen, welche, da der Uterus kein eigenes Schleimhautgewebe hat, mit ihrem Körper bis tief in die Muskelsubstanz eingesenkt sind. Der Uterus selbst ist, wie die Tuba mit einem Flimmerepithel ausgekleidet. Die Ausdehnung dieses Flimmerepithels wird von verschiedenen Beobachtern verschieden angegeben. Einige haben es nur im Fundus uteri, manchmal sogar nur in einer Strecke nachweisen können, die im Fundus quer von der Mündung der einen Tuba zur Mündung der andern herübergeht, Andere haben es bis in den Cervix verfolgt. Es scheint nach den Untersuchungen von Chrobak das Epithel im Uterus einem viel grösseren Wechsel unterworfen zu sein, als das in anderen Organen, und damit hängt es auch wohl zusammen, dass die Angaben über die Ausdehnung der Flimmerbewegung im Uterus so sehr verschieden sind.

Fig. 79.



Fig. 80.



Das Epithel der Uterusschleimhaut setzt sich nun in die Utriculardrüsen fort. Man war früher der Meinung, dass es hier nicht flimmere. Nur in Rücksicht auf den Uterus des Schweines war schon 1852 von Dr. Nylander angegeben worden, dass hier auch das Epithel der Utriculardrüsen flimmere. In neuerer Zeit hat Friedländer angegeben, dass es beim Weibe und bei der Hündin flimmere, und G. Lott fand es nicht nur beim Schweine, sondern auch bei der Kuh, dem Schafe, dem Kaninchen, der Maus und der Fledermaus bis in den Grund dieser Drüsen hinab flimmernd, so dass man es jetzt als wahrscheinlich bezeichnen kann, dass allgemein die Utriculardrüsen bis in die Tiefe mit Flimmerepithel ausgekleidet sind.

Diese Glandulae utriculares sind es nun, welche zur Befestigung des Eies dienen. In diese wachsen die Zotten hinein, welche an der Oberfläche vom äusseren Blatte der Keimhaut aus getrieben werden. Um die Stelle herum, wo sich das Ei befestigt, wird die Drüsenschicht hyperämisch, sie schwillt an und umwallt das Ei. In die Drüsen dieses Walles wachsen immer neue Zotten hinein und so wird zuletzt das ganze Ei in die Uterusschleimhaut eingeschlossen. Es ist ringsum zottig und die Zotten sind sämmtlich wie Wurzeln in die Uterusschleimhaut eingetrieben. Dieses Stadium, in dem das Ei an seiner ganzen Oberfläche mit Zotten bedeckt ist, dauert beim Menschen vom 25. bis zum 30. Tage. Reichert, der Gelegenheit hatte, ein menschliches Ei vom 12. oder 13. Tage der Schwangerschaft zu untersuchen, fand dasselbe schon vollständig überwallt; es war linsenförmig abgeplattet und hatte an der der Uterushöhle zugewendeten Seite noch keine Zotten. Auch am äusseren, gegen die Wand gewendeten Pole waren erst die ersten Anfänge derselben sichtbar. Die längsten Zotten befanden sich an der Peripherie und an dem der Peripherie zunächst liegenden Theile der äusseren, der Uteruswand zugewendeten Fläche.

Die Zotten, welche blos vom äusseren Keimblatte ausgegangen sind, stellen mit diesem das sogenannte primäre oder gefässlose Chorion dar. Gefässe kommen erst von einem andern Gebilde, von der Allantoïs.

Es bildet sich vor dem hintern Ende des Darmes ein faltenartiger Wulst (Fig. 79 *a*), dessen Inneres mit der Darmhöhle in Verbindung tritt. Er ist zuerst nach hinten, etwas später nach abwärts gerichtet, wächst dann weiter aus und nimmt die Gestalt einer Blase an (Fig. 80 *a*) und diese ist die Allantoïs. Sie heisst auch der Harnsack, weil sie eine wahre Harnblase für den Embryo ist und das Secret der Wolf'schen Körper aufnimmt. Diese Allantoïs wächst an der ganzen inneren Oberfläche des äusseren Keimblattes entlang, und so bringt sie ihre Gefässe, die späteren Vasa umbilicalia, die von zwei Arterien gespeist werden, und aus denen anfangs zwei, später eine Vene das Blut abführen, zu allen Theilen des Chorion, welches sich entwickelt hat. Es atrophiren nun die gefässlosen Zotten, und statt derer bilden sich neue gefässhaltige Zotten, die die alten verdrängen. So entsteht das secundäre, das gefässreiche Chorion. Bei manchen Thieren, z. B. bei den Wiederkäuern, existirt während der ganzen Schwangerschaft die Allantoïs als eine Blase, ja sie gewinnt als solche eine sehr bedeutende Ausdehnung. Beim Menschen ist dies aber durchaus nicht der Fall. Sie ist hier nur vom 15. bis 25. Tage als Blase zu sehen, später verliert sie ihr Lumen, aber

sie dient noch als Träger der Gefässe, die auch hier dieselbe Function und Bedeutung haben. Da sie sich hierbei ganz dem Chorion anschliesst und mit demselben verwächst, so ist in dem, was der Geburtshelfer das Chorion nennt, der grösste Theil der Allantoïs mit enthalten. Ein anderer Theil, der sogenannte Stiel der Allantoïs liegt später im Nabelstrange, und nur das unterste Ende bleibt offen und wird zur Harnblase. Der Urachus ist das Verbindungsstück zwischen dem Theile der Allantoïs, der im Nabelstrange eingeschlossen ist, und dem Theile, der zur Harnblase wird.

Wir haben bei der Amnionbildung den Embryo sich abschnüren sehen von der Höhle, welche vom inneren Blatte der Keimhaut umgeben oder doch (bei den Eiern mit Nahrungsdotter) nach und nach umwachsen war. Der auf diese Weise entstehende Sack ist der Dottersack oder, wie er bei denjenigen Thieren, die, wie der Mensch, keinen Nahrungsdotter haben, heisst, die Nabelblase. Der Gang, durch den Dottersack oder Nabelblase längere oder kürzere Zeit mit der Darmhöhle in Verbindung stehen, die Lichtung des Stieles der Nabelblase, der wie der Stiel der Allantoïs in den Nabelstrang einbezogen wird, ist der Ductus omphalomeseraïcus seu omphaloëntericus. (Fig. 79 *o* und 80 *o*.) Beim Menschen hat die Nabelblase frühzeitig ihr ganzes Wachsthum durchlaufen. Am Ende des ersten Monates liegt sie schon an der Wand zwischen Amnion und Chorion, wo ihre Spur auch noch am Ende der Schwangerschaft zu finden ist. Das Amnion hat sich immer weiter ausgedehnt und die Nabelblase theils verdrängt, theils ihren Stiel in einen mehr und mehr verlängerten Nabelstrang eingeschnürt. Zwischen dem 35. und 40. Tage obliterirt der Ductus omphalomeseraïcus seu omphaloëntericus. Die Gefässe der Nabelblase sind die Vasa omphalomeseraïca seu omphaloënterica und zwar anfangs zwei Venen und zwei Arterien, von denen später eine Arterie und eine Vene schwindet, so dass eine Vena und eine Arteria omphalomeseraïca übrig bleibt.

Während bei den Säugethieren die Nabelblase ein so hinfälliges Gebilde ist, so existirt sie bei den Eierlegern mit Nahrungsdotter als Dottersack während der ganzen Zeit des Embryonallebens und überdauert dasselbe bei manchen Fischen geraume Zeit. Jetzt bei der weiten Ausbreitung der künstlichen Fischzucht hat wohl jeder schon die jungen Forellen und Lachse mit ihren Dottersäcken herumschwimmen sehen. Es entwickelt sich in ihr ein reiches Gefässsystem, zu dem die Arteria omphalomeseraïca das Blut hinführt und aus dem die Vena omphalomeseraïca das Blut abführt. Von der Wand aus bilden sich gefässreiche Zotten in den Nahrungsdotter hinein, und nun entwickelt sich ein Resorptionsprocess, vermöge dessen der ganze Dotter nach und nach aufgesaugt wird. Die Art und Weise, wie dies geschieht, ist bis jetzt noch räthselhaft. Man weiss nur, dass die grösste Masse des Dotterfettes zunächst in die Leber übergeht. Man findet zu einer gewissen Zeit die Leber des Hühner-Embryos ganz gelb vom resorbirten Dotterfett, welches dann später wieder verbraucht wird. Die Nabelblase oder der Dottersack bildet also bei den Eierlegern das Ernährungsorgan, und die Allantoïs, die sich an der innern Oberfläche des Eies unter der Membrana testae ausbreitet, bildet das Respirationsorgan, indem ihre Blutgefässe die atmosphärische Luft aufnehmen, welche durch die Schale

des Eies diffundirt wird. **Schwann** hat schon am Ende der dreissiger Jahre dieses Jahrhunderts nachgewiesen, dass das Hühnchen im Ei, dass der Embryo schon in verhältnissmässig früher Zeit athmet. Demgemäss bleibt die Entwicklung frühzeitig stehen, wenn man das Ei in irrespirable Gase hineinbringt oder ihm auf irgend eine Art den Zutritt der atmosphärischen Luft abschneidet. So findet also bei den Eierlegern mit Nahrungsdotter die Ernährung statt durch die Nabelblase, die Respiration durch die Allantoïs.

Wie verhält es sich nun in dieser Beziehung mit dem Ei der Säugethiere? Bei diesem ist Ernährungsorgan und Respirationsorgan in ein Gebilde vereinigt. Es liegen beide Functionen erst dem gefässreichen Chorion, später der **Placenta** ob.

Wir haben gesehen, dass das Ei vollständig überwallt wird und also eine Zeit lang in der Wand des Uterus eingeschlossen ist: später wächst es aber, dadurch tritt an der Oberfläche eine Spannung ein, die Circulation wird erschwert, und dadurch werden die Zotten gegen die Oberfläche hin atrophisch. Es bleibt das Chorion als Ueberzug, aber die Zotten verschwinden. Das Ei wächst immer weiter und weiter, und so arbeitet es sich aus der Uterusschleimhaut zuletzt ganz heraus, so dass es nur an einer scheibenförmigen Stelle mit derselben in Verbindung bleibt. Wenn dieser Process des Herausarbeitens nicht stattfindet, wenn das Ei seinen Ueberzug von der Wand des Uterus behält, so dass es sich in der Uteruswand weiter entwickelt, dann entsteht das, was man mit dem Namen einer interstitiellen Schwangerschaft bezeichnet.

Wenn es sich nun aber herausgearbeitet hat, und an seiner Oberfläche die Zotten geschwunden sind, so haben sich dafür an derjenigen Seite, an welcher das Ei mit dem Uterus in Verbindung bleibt, die Zotten immer mehr vermehrt, sie sind immer weiter gewachsen, es hat sich vom Uterus aus eine grosse Menge neuen Gewebes gebildet, so dass hier jetzt ein massiges Organ entstanden ist, welches man mit dem Namen der Placenta belegt. In dieses Organ gehen also von einer Seite hinein die Gefässe des Embryo, die Endäste der Vasa umbilicalia, die in die Zotten hineingehen, und zwar gehen sie in der Weise in sie hinein, dass sie die Zapfen der hirschgeweihartig verzweigten Zotten mit Capillarschlingen versehen. Dabei ist eine Capillarschlinge nicht blos für einen Zapfen bestimmt, sondern sie steigt in einen Zapfen hinauf, steigt wieder herunter, dann ebenso in der nächsten und so fort, so dass ein und dieselbe Capillarschlinge eine Reihe von Zapfen versehen kann. Von der anderen Seite kommen in die Placenta hinein die mütterlichen Gefässe. Die Zotten selbst sind mit protoplasmareichen Zellen bekleidet, die man auch als ein Epithel der Zotten bezeichnet hat, und sie sind mit diesen beim Menschen in verhältnissmässig weite mütterliche Bluträume eingesenkt, in die mütterliche Arterien das Blut einführen, und aus denen mütterliche Venen das Blut abführen, so dass sie direct vom mütterlichen Blute bespült werden. Ich muss indess bemerken, dass man unsere Kenntniss vom Bau der menschlichen Placenta nicht als vollkommen, nicht als abgeschlossen betrachten kann, weil bei gewissen Thieren, deren Placenta man mit mehr Leichtigkeit und Sicherheit untersuchen kann, als die des Menschen, und bei denen uns über den Bau des Mutterkuchens nicht der geringste Zweifel bleibt, Verhältnisse vorkommen, die

so weit abweichen von dem, was wir beim Menschen vorfinden, dass es kaum glaublich ist, dass innerhalb der Reihe der Säugethiere so grosse Abweichungen vorkommen sollten.

Beim Kaninchen liegt, wie Mauthner nachgewiesen hat, zwischen den Zotten ein dichtes Netz von Blutcapillaren, die so gebildet werden, dass die einander gegenüberliegenden Bekleidungszellen so mit einander verwachsen, dass sie zwischen sich netzförmig zu einem Kanalsystem verbundene Räume lassen, in denen das mütterliche Blut circulirt. In Fig. 81 ist *s s* das bindegewebige Stroma der Zotten, *e* ein fötales Capillargefäss, *n n* sind die mit einander verwachsenen Bekleidungszellen und *v v* die von ihnen eingeschlossenen mütterlichen Capillaren, die Räume des eben erwähnten Kanalsystems. Wenn die Placenta stark mit Blut überfüllt ist, so werden die Verbindungsstücke der Bekleidungszellen zu dünnen Protoplasmasträngen ausgedehnt, wie dies Fig. 82 zeigt, in der die Buchstaben dieselbe Bedeutung haben, wie in Fig. 81. Man denke sich nun diese Stränge zerrissen, so würde ganz der Zustand hergestellt sein, wie man ihn beim Menschen findet: die Bekleidungszellen wären das sogenannte Epithelium der Zotten. Es ist deshalb die Vermuthung nicht abzuweisen, dass auch beim Menschen im Leben zwischen den Zotten ein ähnliches geschlossenes Capillarsystem liegt, und dass die gemeinsamen Bluträume, welche man in der Placenta vorfindet, nur Leichenerscheinung sind.

Fig. 81.

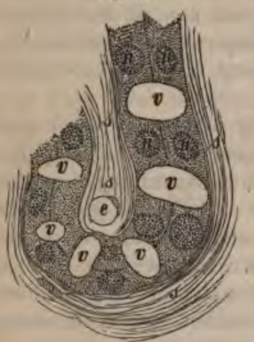


Fig. 82.



Jedenfalls ist, durch verhältnissmässig dünne Schichten getrennt, das Blut des Embryo in stetem Diffusionsprocesse mit dem Blute der Mutter. Es nimmt Material aus dem Blute der Mutter auf dem Wege der Diffusion und Filtration auf, es nimmt aber mit demselben auch Sauerstoff aus dem Blute der Mutter auf, so dass also die Placenta zugleich Ernährungs- und Respirationsorgan für den Embryo ist.

Ehe wir weiter gehen, muss ich noch auf einige Lehren aufmerksam machen, die freilich jetzt keine Geltung mehr haben, deren Terminologie sich aber noch in vielen Büchern vorfindet, und die man deswegen kennen muss. Dasjenige Chorion, das wir das primäre Chorion genannt haben, ist das primäre Chorion Reicherts, und das, was wir das secundäre oder das gefässreiche Chorion genannt haben, ist das secundäre Chorion Reicherts. Einige nahmen ein primäres, ein secundäres und ein tertiäres Chorion an. Das primäre sollte aus der Zona pellucida hervorgehen, es sollten das Fortsätze sein, die die Zona pellucida zuerst in die Utriculardrüsen hineinschickt. Dann war natürlich das gefässlose vom äusseren Blatte der Keimhaut stammende Chorion das secundäre,

und das gefässreiche das tertiäre. Reichert hat aber nachgewiesen, dass dieses primäre Chorion nicht existirt, dass die Zona pellucida verschwindet, ohne ein Chorion zu bilden, und dass die Zapfen, die man auf Eiern, welche kurze Zeit im Uterus gelegen haben, findet, aus Epithelzellen bestehen und vom Epithel der Utriculardrüsen herrühren, das dem Ei angeklebt ist, und das man beim Herausnehmen des Eies mit ausgerissen hat.

Ferner werden Sie in den Büchern von einer Decidua, von einer Decidua reflexa und von einer Decidua serotina lesen. Diese ganze Terminologie beruht auf folgender Anschauung. Man nahm an, dass sich im Uterus durch Ausschwitzung von der Uteruswand eine Haut bilde, welche den ganzen Uterus auskleide und die drei Eingänge desselben schliesse, das war die Decidua oder hinfällige Haut. Nun sollte das Ei von der einen oder andern Tuba hereinkommen und die Decidua vor sich herschieben, zurückstülpen. So entstand die Decidua reflexa. Endlich sollte sie dieselbe so weit vor sich herschieben, dass die Decidua und die Decidua reflexa sich an einander legten, und nun sollte an der Stelle, wo die Decidua zurückgestülpt, wo also eine freie Stelle an der Uteruswand entstanden war, eine neue Ausschwitzung stattfinden, und so sollte sich die Decidua serotina bilden und aus dieser später die Placenta. Heutzutage haben diese Bezeichnungen keinen Sinn mehr, weil wir durch E. H. Weber wissen, dass diese Häute nicht existiren, dass das Ei in die offene Uterushöhle hineingelangt, von der Schleimhaut umwallt und überwallt wird, und durch sein eigenes Wachsthum sich wieder hervorarbeitet, so dass es nur an der Placentarseite mit der Uteruswand in Verbindung bleibt.

Zwillinge und Drillinge.

Es entsteht nun die Frage: Wie gestaltet sich die Sache, wenn Zwillinge oder Drillinge sich im Uterus entwickeln? Zwillingsgeburten sind ziemlich häufig, es kommt nach Longet auf je 70 bis 80 Geburten eine Zwillingsgeburt. Dagegen sind Drillingsgeburten ausserordentlich viel seltener, man hat nach Longet unter 37,441 Geburtsfällen nur fünf Drillingsgeburten gezählt: die Drillingsgeburten sind also 100mal seltener als die Zwillingsgeburten. Die verschiedenen Früchte sind theils vollständig getrennt, theils haben sie verwachsene Placenten und deren Gefässe communiciren mit einander. Sie können dann auch zwei in einem Chorion, ja selbst zwei in einem Amnion liegen. Was das letztere anlangt, so nimmt man wegen der Art der Entwicklung des Amnion an, dass es anfangs bei Zwillingen immer doppelt sei und erst später durch Atrophie der aneinandergelegten Theile in Eines verschmelze. Ein ähnlicher Fusionsprocess kann erfahrungsmässig auch für das Chorion vorkommen. Es ist also möglich, dass alle Zwillinge in einem Chorion, so wie die in zweien, aus zwei verschiedenen Eiern stammen. Andererseits aber machen die verschiedenen Stufen und Arten der Doppelmissbildungen es wahrscheinlich, dass auch der Keim in einem Ei doppelt sein, oder bei der Furchung doppelt werden könne. Man muss es deshalb dahingestellt sein lassen, in wie weit die Zwillinge mit gemeinschaftlichem Chorion aus zwei Eiern und in wie weit sie aus einem Eie

stammen. Als eine merkwürdige Thatsache verdient erwähnt zu werden, dass sie nach den Erfahrungen der Geburtshelfer ausnahmslos, oder fast ausnahmslos gleichen Geschlechtes sind.

Superfötation.

Eine zweite Frage ist die, ob die beiden Eier, aus denen die Zwillinge hervorgehen, zu gleicher Zeit oder doch nahezu zu gleicher Zeit befruchtet werden müssen, oder ob erst ein Ei in den Uterus hineingelangen und dort befruchtet werden kann, dem vier oder acht Wochen später ein zweites Ei folgt, um dort auch noch befruchtet zu werden und sich dann neben dem andern zu entwickeln. Es ist dies die Frage nach der sogenannten Superfötation.

Um nachzuweisen, dass wirklich eine Superfötation existirt, müsste man einmal in einer Leiche zwei Eier antreffen, von denen das eine verhältnissmässig noch weit in der Entwicklung zurück, und das andere ihm soweit in der Entwicklung voraus wäre, dass man seine Befruchtung nothwendig um vier oder acht Wochen weiter nach rückwärts verlegen müsste. Solche Fälle aber weist die Literatur nicht auf. Die Lehre von der Superfötation stützt sich in erster Reihe darauf, dass Zwillinge zur Welt gekommen sind, von denen der eine anscheinend viel weiter entwickelt war, als der andere, so dass man sich dadurch veranlasst sah, anzunehmen, dass der eine thatsächlich älter sei als der andere. Man muss aber wohl berücksichtigen, dass sich in der Regel die Zwillinge ungleich entwickeln, dass der eine sich stärker entwickelt als der andere, so dass es wohl den Anschein haben kann, als ob der andere jünger sei, weil er eben in der Entwickelung gegen seinen stärkeren Bruder zurückgeblieben ist. In der Mehrzahl der citirten Fälle sind aber nicht einmal beide lebendig geboren worden, sondern sie sind entweder beide todt geboren, oder der stärkere, der angeblich ältere, war lebend, während der angeblich jüngere todt geboren wurde. Nun weiss man aber, dass Kinder, die im Mutterleibe absterben, nicht faulen, sondern nur einem langsamen Macerationsprocesse unterliegen. An dem Grade desselben lässt sich nicht sicher erkennen, vor wie langer Zeit der Tod erfolgt ist. Es kann wohl vorkommen, dass der schwächere der Zwillinge abstirbt, dass er dann noch längere Zeit im Mutterleibe bleibt und nun mit dem stärkeren zusammen ausgestossen wird, wodurch dann der Anschein entsteht, als ob man es mit einer Frucht zu thun habe, die jünger ist, weil sie thatsächlich in der Entwicklung zurückgeblieben ist, weil sie nicht nur schwächer entwickelt ist, sondern weil sie die Zeichen an sich trägt, die einem früheren Entwicklungsstadium angehören.

Ein Fall, der bisweilen auch für die Superfötation angeführt wird, ist folgender: Ein Frauenzimmer kam mit einem weissen Kinde und einem Mulatten nieder. Das ist aber ein Fall, der gar nichts mit der Superfötation zu thun hat, denn es ist gar nicht gesagt, dass diese beiden Zwillinge ungleich entwickelt waren, sondern nur, dass der eine ein weisses Kind und das andere ein Mulatte war. Das erklärt sich einfach so, dass bei derselben Menstruation zwei Eier in den Uterus gelangt sind, dass das Frauenzimmer wahrscheinlich ziemlich kurz hintereinander mit einem Weissen und einem Neger geschlechtlich verkehrte,

und dass das eine Ei vom Samen des Weissen, das andere von dem des Negers befruchtet wurde.

Aufbau des Embryo.

Wir wollen jetzt näher in den Aufbau des Embryo eingehen, und zwar wollen wir ihn erst im Allgemeinen und dann den Aufbau der einzelnen Systeme durchnehmen.

Wir haben in den Schichten des Embryo zunächst die Anlage des Centralnervensystems kennen gelernt, dann die Fortsetzung des äusseren

Fig. 83.



Fig. 84.



Keimblattes gegen die Peripherie hin (s. Fig. 83 b. Diese Figur, sowie 84, 87 und 88 sind nach grossen Wandtafeln auf Holz photographirt und geschnitten. Die Wandtafeln wurden von Seboth nach Präparaten vom Hühnchen in der Weise gemalt, dass die einzelnen Arten von Zellen in den Hauptdimensionen durchgezählt wurden. Es stimmen also nicht nur die relativen Dimensionen mit der Wirklichkeit; es stimmt auch im Grossen und Ganzen die Anzahl der Zellen) die wir nach Remak mit dem Namen des Hornblattes bezeichnet haben. Ferner haben wir unter dem Centralnervensystem die Chorda dorsalis *(e)* kennen gelernt, und unter der Chorda dorsalis, unter dem ganzen Embryo hingehend, das sogenannte innere Keimblatt oder Baer's Schleimblatt *(d)*. Zwischen beiden liegt nun das mittlere Keimblatt, die grosse Masse, die im Wesentlichen der Membrana intermedia von Reichert entspricht, und welche sich von der Peripherie gegen die Axe hin in zwei Schichten spaltet, von welchen die eine mit dem Hornblatte, die andere mit dem inneren Keimblatte verwachsen ist. Die äussere haben wir nach Remak mit dem Namen der Hautmuskelplatte, die innere haben wir nach Remak mit dem Namen der Darmfaserplatte bezeichnet. Wir haben in Fig. 84 ein zweites Stadium. In diesem hat sich die primitive Rinne nach oben zum Canalis centralis medullae spinalis *(a)* geschlossen, es haben sich

zwei gesonderte Zellenmassen *(c)* zu beiden Seiten des Rückenmarks gebildet, aus denen später die Wirbel hervorgehen werden. Ich muss gleich von vorneherein bemerken, dass sich aus diesen selben Zellenanlagen, in den Zwischenräumen der Wirbel die Wurzelganglien der

Fig. 85.



Fig. 86.



Rückenmarksnerven entwickeln. Man sieht in Fig. 86 eine solche Anlage bei *b* unter dem Hornblatte liegen. Nach aussen von der Urwirbelanlage liegt in Fig. 84 eine Zellenmasse, aus welcher später der Wolff'sche Körper, die Primordialniere, hervorgeht, dessen Ausführungsgang in Fig. 86 schon zu sehen ist. Sein Durchschnitt liegt wie eine kleine Rosette in dem Höcker, der zwischen Darm und Flanke in die künftige Pleuroperitonaealhöhle vorspringt. Darunter liegt die (s. Fig. 84) Anlage zweier grosser Blutgefässe, welche die primitiven Aorten sind, die man in Fig. 86 näher an einander gerückt wieder sieht. In Fig. 85, die ein Stadium darstellt, das dem Alter nach zwischen Fig. 84 und Fig. 86 liegt, sind sie zu einer einfachen Aorta abdominalis *(f)* vereinigt. Es rührt dies daher, dass hier der Schnitt tiefer unten durch den Bauch geht, während er in Fig. 86 die Gegend des Schultergürtels trifft, in der die Aorten als Fortsetzung der Arcus aortae noch getrennt sind.

In diesem Stadium nun fängt die Uranlage des Wirbelsystems an, mit den benachbarten Theilen des mittleren Keimblattes nach aufwärts zu wuchern, und zwar so weit, dass sie hier auf das Niveau des Centralnervensystems kommt, und endlich wuchern die Elemente des mittleren Keimblattes herüber und schliessen sich, zwischen Hornblatt und Nervensystem eindringend, also auf dem Rückenmarksrohre, nach oben. Der Verschluss erfolgt nicht in allen Theilen zugleich, ebenso wie der Verschluss des Centralnervensystems nicht in allen Theilen zugleich erfolgt. Zu gleicher Zeit schreitet die Metamorphose gegen die Chorda dorsalis hin fort. Die Zellen, die sich früher nicht von den übrigen Embryozellen unterschieden, werden in Knorpelzellen umgewandelt, und es bilden

sich nun die Wirbelkörper. Die Vereinigung der Aorten, oder vielmehr das Wachsthum des vereinigten Stückes der Aorten, schreitet fort, und ebenso entwickeln sich die Wolff'schen Körper weiter, deren Ausführungsgänge man in Fig. 85 und Fig. 86 schon erkennt. Auch haben sich schon reichlich Zellen angesammelt seitlich zwischen dem Hornblatte und der alten Hautmuskelplatte, welche jetzt die Auskleidung der künftigen Pleuroperitonaealhöhle bildet. Diese Zellen bauen die Flanken des Embryo auf, die mit ihrem unteren Theile noch direct in das Amnion übergehen. Der Embryo ist zu dieser Zeit nach unten noch offen. Es existirt noch keine Darmhöhle, es existirt noch kein Ductus omphalomeseraicus seu omphaloëntericus. Diese bilden sich nun dadurch, dass sich das innere Keimblatt, das Sie in Fig. 85 *d* dachförmig eingebogen sehen, mit der daraufliegenden Darmfaserplatte nach abwärts biegt; zwischen ihnen beiden erscheinen neue Elemente (s. Fig. 86), aus denen später die eigentliche Darmwand wird, während das Schleimblatt nur das innere Epithel und die alte Darmfaserplatte nur das äussere Epithel darstellt. Diese Schichten ziehen sich nach unten zusammen und bilden auf diese Weise einen verengerten Hals, so dass es jetzt zwei Höhlen gibt: die eine ist die Darmhöhle und die andere ist die Höhle der Nabelblase oder des Dottersackes. Dieser Hals wird immer enger, und nun hat er sich umgewandelt in den Ductus omphalomeseraicus seu omphaloëntericus.

Neben diesen Veränderungen, durch welche der Darmkanal angelegt wird, gehen andere im äusseren Keimblatte und in der Hautmuskelplatte her. Diejenige Partie, die wir als die gegen die absteigende Amnionfalte heruntersteigende kennen gelernt haben, wächst immer weiter und weiter und umwächst auf diese Weise nach und nach den Darm, so dass sie ihn auch nach unten zu umschliesst. Auf diese Weise wird die Leibeshöhle geschlossen. Die alte Darmfaserplatte wird, wie erwähnt, zur Auskleidung der Pleurahöhle und der Peritonaealhöhle, die jetzt noch als Pleuroperitonaealhöhle mit einander vereinigt sind.

Schon früher hat sich der Kopf des Embryo nach abwärts gebogen und es wuchert von ihm gegen die Bauchseite eine Zellenmasse herunter, die man mit dem Namen der Baer'schen Kopfkappe bezeichnet. Unter dieser Zellenmasse entsteht eine Höhle, die sogenannte Fovea cardiaca, und in dieser findet man die Anlage des Herzens, die nach den Beobachtungen von Schenk dadurch entsteht, dass sich die Darmfaserplatte hier unter dem Darme noch einmal ausstülpt, weiter und weiter sich ausstülpt und endlich sich abschnürt, so dass vor dem Darme noch eine neue Höhle entsteht, die nichts Anderes ist, als die Höhle des Herzens, mit welcher die grossen Gefässe, sobald sie als Höhle beobachtet wird, schon in Verbindung stehen, ohne dass die Art und Weise, wie diese Verbindung zu Stande kommt, mit Sicherheit bekannt wäre.

Die weiteren Veränderungen des Embryo beziehen sich theils auf die Entwicklung der inneren, theils auf die der äusseren Geschlechtstheile, auf die Bildung des Gesichtes und auf das Hervorwachsen der Extremitäten. Wir werden diese Vorgänge einzeln und in bestimmter Ordnung durchgehen.

Entwickelung des Nervensystems.

Wir wollen mit dem Centralnervensysteme anfangen. Wir haben gesehen, dass beim Menschen, bei den Säugethieren und den Vögeln das Centralnervensystem sich aus einer Masse anlegte, die sich rinnenförmig einbog, indem ihre Seitentheile sich erhoben, so dass die primitive Rinne entstand, und dass sich dann die Anlage des Centralnervensystems über der primitiven Rinne schloss, und diese zum Canalis centralis medullae spinalis wurde. Das ist auch ebenso bei den beschuppten und den nackten Amphibien. Es ist aber nicht so bei den Fischen, wenigstens nicht bei unseren Knochenfischen. Vor einigen Jahren hat Schapringer hier im Laboratorium gefunden, dass bei der Forelle sich das Centralnervensystem in ganz anderer Weise anlegt. Die ursprünglich vorhandene, aber sehr flache primitive Rinne verstreicht, und das Nervensystem legt sich als ein solider Strang an. Der Querschnitt desselben ist etwas eiförmig oder birnförmig, so dass die lange Axe dieser Ellipse oder dieser Ovoide in der Medianebene steht. Dann deshisciren die Zellen in der Mitte, so kommt ein Spalt zu Stande. Es ergibt sich dadurch eine Ansicht, ganz ähnlich wie wir sie in Fig. 84 haben, aber diese Gestalt kommt auf ganz andere Weise zu Stande, als dies eben bei den Säugethieren, den Vögeln, den beschuppten und nackten Amphibien geschieht. Es war nun zu untersuchen, wie sich in dieser Beziehung die sogenannten Palaeïchthyes verhalten, das heisst die Abtheilungen von Fischen, deren Repräsentanten schon vor der Kreide existirten, und die jetzt noch vertreten sind durch die Haie, die Rochen, die Chimären, die Störe, die Spatularien, durch die Genera Lepisosteus, Polypterus und Amia und durch den Ceratodus Forsteri. Es ist dies auch theilweise bereits geschehen. F. M. Balfour hat bei Haien die Bildung des Rückenmarks ganz so, wie bei den übrigen Wirbelthieren, gefunden und ebenso Schenk, der auch bei Torpedo dasselbe beobachtete.

Wenn das Centralnervensystem sich nun schliesst, so schliesst es sich nicht in seiner ganzen Länge zugleich, sondern zunächst in seiner Mitte, so dass die Wülste nach oben und unten in einem sehr spitzen Winkel auseinanderstehen. Der untere Theil schliesst sich normalerweise später vollständig. Ein Theil der oberen Partie aber bleibt offen und stellt den vierten Ventrikel mit dem Calamus scriptorius dar. In dem Theile nun, der vor demselben liegt, bilden sich Ausbuchtungen, Erweiterungen, die sogenannten drei Gehirnzellen. Aus der ersten dieser Gehirnzellen bildet sich der N. opticus, der N. olfactorius und die Hemisphären des Grosshirns. Aus dem Verbindungsstücke zwischen erster und zweiter Hirnzelle bilden sich die Sehhügel, aus der zweiten Gehirnzelle das Mesencephalon, die Corpora quadrigemina. Aus der dritten Gehirnzelle bildet sich das kleine Gehirn, der vordere Theil der Medulla oblongata mit den Oliven und der N. acusticus.

Es entwickeln sich zuerst die Corpora quadrigemina (Fig. 87 *m* und Fig. 88 *m*) in der Weise, dass sie den übrigen Gehirntheilen voraus-eilen und die Hauptmasse des ganzen Gehirns ausmachen. Erst später kommen ihnen das kleine Gehirn und das grosse Gehirn in der Entwickelung nach, bis endlich die Hemisphären des grossen Gehirns immer mehr das Uebergewicht erlangen und beim Menschen alles Uebrige, die

Corpora quadrigemina und selbst das kleine Gehirn, vollständig überwachsen. Es macht also das Gehirn während der Entwickelung einen ähnlichen Gang durch, wie sich derselbe zeigt, wenn wir den Bau des Gehirns der Wirbelthiere von den niederen zu den höheren verfolgen. Wie es ja überhaupt eine allgemeine Erfahrung ist, dass die niederen Wirbelthiere diejenigen sind, die in ihrer Organisation dem embryonalen Zustande am nächsten stehen, während die höchsten Wirbelthiere die sind, die sich am weitesten vom embryonalen Zustande entfernt haben. Man hat deshalb früher wohl gesagt: Die höheren Wirbelthiere durchlaufen im embryonalen Leben alle Stadien der Wirbelthierreihe, sie sind erst den Fischen, dann den Amphibien, dann den Vögeln und endlich den Säugethieren ähnlich. So ausgedrückt, ist diese Angabe unrichtig: richtig ist es aber, dass die Embryonen aller Wirbelthiere sich untereinander viel ähnlicher sehen, als die entwickelten Wirbelthiere selbst, und dass sie sich im Laufe der Entwickelung nach und nach in der Weise verändern, dass sie einander immer unähnlicher werden, und sich dabei die höher stehenden immer weiter als die niedrig stehenden vom embryonalen Zustande entfernen.

Fig. 87. Fig. 88.



Fig. 87 und Fig. 88 nach Reissner.

Von den übrigen Theilen des Nervensystems werden zuerst die Ganglien sichtbar, und zwar zuerst das Ganglion semilunare Gasseri und die Wurzelganglien der Spinalnerven. Die Wurzelganglien der Spinalnerven entwickeln sich zwischen den Anlagen der Wirbel aus ganz ähnlichen Anlagen, wie diese, und setzen sich dann mit dem Rückenmarke in Verbindung.

Es ist die Frage ventilirt worden, ob die Nerven vom Centralorgane ausgehen und in die peripherischen Theile hineinwachsen, oder ob sie umgekehrt, wie Serres angab, an ihrem centralen Ende zum Rückenmarke hin wachsen. Es ist das eine Frage, die sich in dieser Form nicht entscheiden lässt, denn die Nerven entwickeln sich eben da, wo sie später gefunden werden. Sie wachsen nicht in die fertigen Gewebe hinein, sondern wenn man die Anlage eines ganzen Gebildes vor sich hat, so differenziren sich die Zellen so, dass die einen zu Muskeln, die anderen zu Nerven, die dritten zu Bindegewebe u. s. w. werden.

Entwickelung des Auges.

Im nahen Zusammenhange mit der Entwickelung des Nervensystems steht die Entwickelung der höheren Sinnesorgane. Aus der ersten Gehirnzelle bildet sich seitlich und nach abwärts eine Ausstülpung. Diese ist nichts Anderes, als die erste Anlage des N. opticus. Dieser Ausstülpung gegenüber bildet sich im äusseren Keimblatte eine kleine Grube. Diese Grube drückt die Ausstülpung, die hohl, kolbenartig ist, von vorne und

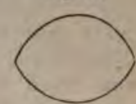
von unten her ein, so dass eine Partie derselben hineingebogen, hineingestülpt wird. Dabei schliesst sich diese Grube mit den Zellen, welche sie bilden, nach vorn vollständig gegen das äussere Keimblatt ab und trennt sich von ihm, so dass dieses nun darüber hinweggeht. Es entsteht auf diese Weise hier ein rundliches Gebilde, das in den erwähnten Fortsatz des Gehirns hineingedrückt liegt und nichts Anderes ist, als die Linse. Die Linse wächst nun durch Neubildung von Zellen immer weiter, die ursprüngliche Ausstülpung des Gehirns theilt sich in einen Stiel und in den in sich zurückgestülpten Kolben. Der Stiel ist der N. opticus, und der in sich zurückgestülpte Kolben ist die Retina; aber wohl gemerkt, die ganze Retina mit Einschluss der Stäbchenschichte entsteht aus dem inneren zurückgestülpten Blatte; das äussere Blatt des Kolbens, in welches sich das andere eingestülpt hat, wird nur umgewandelt in die Pigmentschicht der Chorioidea. Aus den umgebenden Zellen, die vom mittleren Keimblatte abstammen, bildet sich nur ein bindegewebiger Ueberzug, welcher in das Stroma der Chorioidea umgewandelt wird, in welchem sich nun die Gefässe der Chorioidea bilden. Gleichzeitig aber lagert sich eine durchsichtige Masse zwischen der Linse und der Retina ab, und diese ist der Glaskörper. Aus dem Theile des äusseren Keimblattes, der über die Linse weggeht, ist die Hornhaut geworden, die Augenlider sind eine spätere Bildung. Sie entstehen als Falten nach oben und unten von der Hornhaut, die gegen einander wachsen. Zwischen Linse und Hornhaut sammelt sich etwas Flüssigkeit an, der Humor aqueus. Sie haben also jetzt schon die brechenden Medien des Auges, Sie haben die Cornea, nahe dahinter die Linse, dahinter den Glaskörper, der von der Retina umschlossen ist, die mit dem N. opticus in Verbindung steht. Darüber liegt schon die Chorioidea: nach abwärts aber, da wo sich das äussere Keimblatt in den Kolben eingestülpt hat, bleibt eine Zeit lang eine offene Stelle, ein Spalt in der Chorioidea und auch in der Pigmentschicht, und dies ist das sogenannte normale oder physiologische Colobom (Fig. 87 *c* und 88 *c*). Wenn sich dieser Spalt später nicht schliesst, so stellt er das vor, was mit dem Namen des bleibenden Coloboms bezeichnet wird. Das pathologische Colobom setzt sich bekanntlich auch in die Iris fort. Aber die Iris selbst existirt zu der Zeit nicht, wo das normale Colobom sichtbar wird, sondern sie entsteht erst von der Chorioidea als ein sich nach vorn hin verbreitender Saum, der ringsum über die Linse herüberwächst. Dann entstehen zuletzt an der Innenseite des Ciliartheils der Chorioidea die Ciliarfortsätze, welche sich nun in die Zonula Zinnii, oder vielmehr zunächst in den Ciliartheil der Retina hineinschieben, in den Theil der Retinaanlage, der nicht zur wirklichen Netzhaut verwendet wird.

Auf diese Weise ist das Auge angelegt worden und enthält bereits alle wesentlichen Theile. Aber es unterscheidet sich noch von dem vollständig entwickelten Auge durch seinen Gefässreichthum. Der Glaskörper hat Gefässe, die von der Arteria hyaloidea ausgehen, die Hornhaut hat Gefässe, und die Linse ist mit einer gefässreichen Kapsel umgeben. Die Gefässe des Glaskörpers schwinden dann, es bleibt aber noch eine Arterie, die durch den Glaskörper zur gefässreichen Linsenkapsel hinläuft, die sogenannte Arteria capsularis. Beim neugebornen Menschen ist die gefäss*reiche* Linsenkapsel bereits geschwunden, aber nicht so bei den reissenden

Thieren. Bei den jungen Kätzchen findet man sie noch vor, und wenn man sie injicirt und dann vorn die Iris aufhebt, so findet man, dass die Pupille mit einer Membran geschlossen ist, welche ein zierliches Gefässnetz trägt. Diese Membran ist die sogenannte Membrana pupillaris, sie ist eben der Theil der gefässreichen Kapsel, der hinter der Pupille liegt und mit dem Pupillarrande der Iris verbunden ist. Dann folgt, wenn man die Iris von der Linse abhebt, ein membranöser Trichter, der als solcher erst durch das Abheben gestaltet wird. Er geht vom Pupillarrande zum Umfang der Linse und ist nichts Anderes, als der Rest der vordern Hälfte der gefässreichen Linsenkapsel, ist das, was man mit dem Namen der Membrana capsulo-pupillaris bezeichnet.

Das Auge des neugebornen Menschen unterscheidet sich noch in einigen Punkten von dem später weiter entwickelten. Die Cornea ist in der Mitte nicht dünner, sondern dicker als am Rande. Die Linse prominirt stark, so dass die Iris auf ihr in einer convexen Oberfläche ruht. Es existirt also hier keine hintere Augenkammer, wie sie später beim Erwachsenen existirt, und auch die vordere Augenkammer ist sehr eng, weil eben die Cornea in der Mitte verhältnissmässig dick ist, und die Linse stark convex. Auch die Gefässe der Hornhaut verhalten sich etwas verschieden von denen der Hornhaut des Erwachsenen. Beim Erwachsenen bildet das gefässfreie Feld der Hornhaut eine Ellipse mit querliegender grosser Axe, beim Neugebornen aber bildet es eine Figur, wie die nebenstehende, indem die Gefässe von oben und von unten über die Hornhaut hinübergreifen, und zwar weiter, als beim Erwachsenen, rechts und links aber nicht.

Fig. 89.



Entwickelung des Geruchsorgans.

Das Geruchsorgan entwickelt sich so, dass der Geruchsnerv ebenso wie der N. opticus als Hirnausstülpung entsteht, während sich im äusseren Keimblatte ein Grübchen bildet, aus dessen Zellen das Geruchsepithel hervorgeht, und mit welchem sich der N. olfactorius in Verbindung setzt. Bei Säugethieren und Menschen werden nachher durch das weitere Wachsen des Gesichtsschädels diese Gebilde in die Tiefe verlegt.

Entwickelung des inneren Ohres.

Das Ohr legt sich in analoger Weise an. Auch hier bildet sich von der Oberfläche eine Einstülpung des Hornblattes, welche sich wiederum zu einem kleinen Säckchen schliesst und abschnürt. Dieses kleine Säckchen, mit dem das Centralnervensystem durch den sich bildenden N. acusticus in Verbindung tritt, ist das Gehörbläschen (Fig. 87 *l*), die erste Anlage des inneren Ohres. Die Entwickelung des äusseren und des mittleren Ohres werden wir später kennen lernen. Aus diesem Bläschen geht nun hervor die Schnecke, der Sacculus, der Utriculus, die Bogengänge und der Aquaeductus vestibuli. In einer verhältnissmässig frühen Periode verflacht es sich und bekommt zwei Eindrücke, so dass es in drei Abtheilungen getheilt erscheint (Fig. 88 *l*). Dann wächst die mittlere Partie weiter aus und bekommt eine weitere Höhle, während die seitlichen

Partien nach entgegengesetzten Seiten dünner und schlanker auswachsen. Das eine Stück, das nach aufwärts wächst (Fig. 90 und 91 β), ist der sogenannte Recessus labyrinthi oder Recessus vestibuli, und aus ihm wird der Aquaeductus vestibuli. Aus der Abtheilung, die nach abwärts und innen wächst (Fig. 90 und 91 γ), wird die Schnecke. Nun bilden sich faltenförmige Hervorragungen, welche sich von der Hauptmasse des Gehörbläschens abzweigen. Diese faltenartigen Hervorragungen sind die Anlagen der Bogengänge. Letztere entstehen so, dass Sie sich vorstellen müssen, dass die Falten in ihrer Fläche zusammengedrückt werden, und die Blätter derselben sich wieder mit einander vereinigen, so dass nur eine bogenförmige Lichtung bleibt, die dem Rande der Falte folgt. Am spätesten entwickelt sich das Corti'sche Organ. Es ist beim Menschen und Säugethiere erst vollständig entwickelt zu einer Zeit, wo das Felsenbein verknöchert ist. Darin liegt eine wesentliche Erschwerung der Untersuchung. Man kann das Gehörorgan von Embryonen sehr leicht untersuchen, so lange man durch den Knorpel des Felsenbeins Durchschnitte machen und die Dinge frisch unter das Mikroskop bringen kann. Zu dieser Zeit ist aber an der Stelle, wo sich später das Corti'sche Organ entwickelt, nur ein Cylinderepithel vorhanden, das auf der Membrana basilaris steht, und an welchem man schon die Stellen erkennt, wo sich Steg und Saite entwickeln werden. Aber die Zeit der Entwickelung von Steg und Saite fällt, wie gesagt, in eine Periode, in der das Felsenbein schon verknöchert ist, in der man also schon mittelst Säuren (am besten geschieht es mittelst Pikrin- oder Chromsäure) entkalken muss, um durch die betreffenden Theile Durchschnitte machen zu können.

Fig. 90. Fig. 91.



Fig. 90 und 91 nach Reissner.

Entwickelung des Knochen-, Haut- und Muskelsystems.

Wir gehen nun zur Entwickelung des Knochen-, des Haut- und des Muskelsystems über. Zu beiden Seiten des Centralnervensystems und der Chorda dorsalis liegen, wie wir früher gesehen haben, ein Paar Zellenmassen, aus denen später die Wirbel hervorgehen. Ein Theil dieser Zellenmassen, und zwar zunächst der mehr nach aussen liegende metamorphosirt sich, die Zellen verändern ihr Ansehen. Diese Metamorphose dringt immer weiter nach innen und gegen das Centralnervensystem und die Chorda dorsalis vor, so dass zuletzt beiderseits zwei Stücke von knorpeliger Anlage entstehen, welche die Chorda und das Centralnervensystem von beiden Seiten einschliessen. Von diesen baut sich weiter nach aufwärts ein im Laufe der Zeit fester werdendes Gerüste gleichfalls aus Zellen des mittleren Keimblattes und schliesst das Centralnervensystem *von oben* ein. Auf diese Weise entwickeln sich die Wirbelbögen und

später die Dornfortsätze. Andererseits wachsen jene Anlagen gleichzeitig um die Chorda herum und bilden auf diese Weise die Wirbelkörper, so dass die Chorda in den Wirbelkörpern zu liegen kommt, wo sie bei den niederen Wirbelthieren theils ganz, theils in ausgedehnten Resten während des ganzen Lebens gefunden wird. Von den seitlichen Stücken, die sich zum Wirbelkörper vereinigen, geht auch die Bildung der queren und der schrägen Fortsätze der Wirbel aus.

An der Schädelbasis gestaltet sich die Sache etwas anders. Da bilden sich zuerst zwei schienenartige Stücke unter dem Centralnervensystem und zu beiden Seiten der Verlängerung der Chorda. Dies sind die Rathke'schen Schädelbalken. Erst später erkennt man in der Knorpelmasse, die sich hier bildet, drei Verknöcherungspunkte hintereinander. Diese drei Verknöcherungspunkte, die in der knorpeligen Schädelbasis erst viel später erscheinen, sind die Grundlage der Lehre von den drei Schädelwirbeln. Von diesen gehört der eine in den Basaltheil des Hinterhauptbeines, der zweite in den hintern Keilbeinkörper, der vorderste und letzte in den vordern Keilbeinkörper. Die Schuppe des Hinterhaupt-, Stirn- und Schläfenbeins und die Scheitelbeine entstehen, wie wir später sehen werden, aus einer bindegewebigen Anlage. Auch der Gesichtsschädel steht nicht mit der Bildung des Wirbelsystems in unmittelbarem Zusammenhange und wir müssen ihn gesondert betrachten. Das vordere Ende der Chorda dorsalis ist nach Reichert die Hypophysis cerebri, während Rathke die Hypophysis durch eine Einstülpung in die Schädelbasis von unten her entstehen lässt.

Fig. 92.



Um die Entwickelung des Gesichtsschädels zu verstehen, müssen wir an die erste Bildung des Arteriensystems anknüpfen. Gehen wir von einem menschlichen Embryo aus, der in Fig. 92 $16^3/_4$mal vergrössert nach der Natur dargestellt ist. Das Herz *c* richtet sich mit seinem vorderen arteriellen Ende gegen den Kopf und ragt noch aus dem Leibe hervor. Dahinter sieht man die schon stark entwickelte Leber *h*, dann den Nabelstrang *f* und zuletzt das Schwanzende *u*, das durch die Schrumpfung in Weingeist etwas stärker nach abwärts gebogen ist. Vom Herzen gehen zu dieser Zeit nach oben zu jederseits die Aortenbögen aus, nachdem bereits im Abdominaltheile

des Embryo die beiden primitiven Aorten zu einer Aorta verschmolzen sind. Diese Aortenbögen sind nun zuerst jederseits einer, dann kommt ein zweiter und dann ein dritter. Zwischen diese Aortenbögen und das äussere Blatt der Keimhaut lagert sich Substanz ab, so dass zu beiden Seiten drei Schienen entstehen und zwischen denselben Spalten (Fig. 87 und 88 *v*). Da diese Spalten den Kiemenspalten der Fische entsprechen und sich auch beim Fischembryo in die Kiemenspalten umwandeln, so hat ihr Entdecker Rathke sie mit dem Namen der Kiemenspalten belegt. Später hat Reichert ihnen den Namen der Visceralspalten gegeben, und dieser Name hat im Allgemeinen den Vorzug erhalten, weil eben der Embryo der höheren Wirbelthiere zu keiner Zeit Kiemen oder auch nur Andeutungen derselben hat. Die Schienen nun, welche zwischen den Spalten liegen, bezeichnet man mit dem Namen der Visceralbögen, und diese spielen nach den Untersuchungen von Reichert eine wesentliche Rolle bei der Entwickelung des Gesichtsschädels.

Der oberste enthält die Anlage für den Hammer und den Amboss und ausserdem die Anlage für den Ober- und den Unterkiefer. Er spaltet sich in seinem vorderen Theil in zwei Stücke, in ein oberes und in ein unteres. Das obere Stück ist die Anlage für den Oberkiefer und bildet den oberen Theil des Gesichtes zusammen mit einem Fortsatze, der von der Stirngegend des Embryo herunterwuchert, und den wir mit dem Namen des Stirnfortsatzes bezeichnen (Fig. 87 und 88 *f*). Wir haben gesehen, dass in einer frühen Periode auch beim menschlichen Embryo das Auge wie bei den Thieren seitlich liegt. Nun wachsen die oberen Branchen des ersten Visceralbogens unter dem Auge hin und der Stirnfortsatz wächst zwischen den beiden Augen nach abwärts: dabei aber dehnt sich das Gehirn mit den rückwärtigen Bedeckungen weiter aus, und in Folge dieses Wachsthums werden die beiden Augen, die früher mehr seitlich lagen, mehr nach vorn gebracht. Sie haben also ein Stadium, wo von vorn gesehen die beiden Augen sichtbar sind, wo sie aber jederseits noch seitlich zwischen dem Stirnfortsatze und der obern Abtheilung des ersten Visceralbogens eingeschlossen liegen, dann werden sie zugleich mit den sie zunächst umgebenden Theilen weiter nach vorn gewendet. Die beiden Visceralbögen wachsen näher aneinander, der Stirnfortsatz wächst weiter herab: indem beider Grenzen verschmelzen, bildet sich aus der oberen Hälfte des Visceralbogens jederseits der Oberkiefer, aus dem Stirnfortsatze die Nase.

Gleichzeitig gehen entsprechende Veränderungen in der Tiefe vor, indem von beiden Seiten eine Scheidewand hereinwächst, die das spätere Gaumendach darstellt, und von oben und hinten nach unten und vorne eine Scheidewand herunterwächst, die den Vomer und die knorpelige Nasenscheidewand darstellt. Jetzt ist noch ein weiter Spalt vorhanden, der die zukünftige Nasenhöhle mit der Mundhöhle verbindet. Dieser Spalt macht, wenn er offen bleibt, den sogenannten Wolfsrachen. Vom Stirnfortsatz wächst, nachdem er das Material zur Nase hergegeben, noch ein Hautlappen herunter, der die beiden Hautlappen zur Vereinigung bringt, die mit der oberen Hälfte des ersten Visceralbogens herüberkommen, und diese drei Stücke bilden mit einander die Oberlippe. Wenn die eine oder die andere der Verbindungen des Mittelstückes mit den Seiten-

stücken oder beide offen bleiben, dann wird dadurch die einfache oder die doppelte Hasenscharte hervorgebracht.

In derselben Zeit nun bildet sich auch der Unterkiefer. Daran nimmt der Hammer einen wesentlichen Antheil. Sie wissen, dass der Hammer einen Fortsatz hat, den man als den langen Fortsatz, Processus Meckelii, Ravii, Folii bezeichnet. Dieser ist frühzeitig entwickelt und sieht von jeder Seite her nach vorn, so dass die beiden Fortsätze des Hammers wie die Branchen einer Zange gegeneinander gewendet sind. Nun lagert sich darauf immer neue Substanz ab, dieselbe tritt nach vorn in Verbindung, und das Ganze, was sich nun gebildet hat, ist die Anlage des Unterkiefers. Nun wächst aber nicht mehr der lange Fortsatz des Hammers, sondern die Zwischensubstanz, die sich zwischen beiden langen Fortsätzen eingelagert hat. Dadurch werden die beiden Hammeranlagen weit von einander getrennt, so dass sie zuletzt in den Trommelhöhlen liegen, und nur noch das Ende des langen Fortsatzes des Hammers in der Fissura Glaseri steckt, durch die hindurch er im Fötus bis zum Unterkiefer reichte und mit demselben verbunden war. Bei denjenigen Wirbelthieren, die nur einen Gehörknochen haben, bei den Vögeln, den nackten und den beschuppten Amphibien, kann man noch ganz gut später die Betheiligung der Anlage des Hammers an der Bildung des Unterkiefers verfolgen. Da wird der Amboss zu einem Knochen, an welchem der Unterkiefer aufgehängt ist, zum Quadratbein, und der Hammer selbst wird zum Gelenkstücke des Unterkiefers, während der übrige Theil des Unterkiefers der Zwischensubstanz entspricht, aus welcher beim Menschen schliesslich der ganze Unterkiefer hervorgeht. Die Visceralspalte, die hier offen war und also ursprünglich bis in die Höhle des Pharynx hineinging, schliesst sich nun auch, aber es bleibt in der Tiefe ein Rest von ihr zurück und dieser ist die Tuba Eustachii.

Der zweite Visceralbogen enthält die Anlage des Steigbügels, des Processus styloideus, des Ligamentum stylohyoideum und der oberen Hörner des Zungenbeins. Aus dem dritten Visceralbogen bilden sich die unteren Hörner des Zungenbeins, und als Verbindungsstück entsteht der Körper desselben. Indem sich so die Visceralbögen metamorphosiren und die Visceralspalten schliessen, vereinigt sich das Hautsystem nach vorn (unten) und die ganze Region des Halses ist gebildet. In analoger Weise schliesst sich die Wand des Thorax über dem Herzen und schon früher die Bauchhöhle, indem sich die ursprünglich seitlich gewendeten Flanken des Embryo, die sich frühzeitig nach abwärts krümmten, nach unten vereinigen. Auf diese Weise ist der Embryo nach unten vollständig abgeschlossen.

Im Anfange des zweiten Monats zeigt sich beim Menschen schon die erste Spur der Arme und Beine. Nahe der Mitte des Embryo, etwas vor derselben, wachsen zwei zungenförmige Fortsätze heraus, die von hinten (oben) nach vorn (unten) gerichtet sind — das ist die Anlage der oberen Extremitäten — und am unteren Ende des Embryo wachsen ähnliche zwei Fortsätze aus, das ist die Anlage der unteren Extremitäten. Diese Anlagen verlängern sich und gliedern sich zunächst in drei Stücke, welche bei den oberen Extremitäten, Oberarm, Vorderarm und Hand, bei den unteren Oberschenkel, Unterschenkel und Fuss sind. Dann gliedert sich das untere Stück, welches der Hand, beziehungsweise dem Fusse

entspricht, weiter, indem man Finger und Zehen äusserlich durch Furchen abgetheilt sieht und zugleich im Innern die Theilung in Handwurzel, Mittelhand und Finger, beziehungsweise in Fusswurzel, Mittelfuss und Zehen eintritt.

In dieser Zeit beginnt auch die Entwickelung der äusseren Genitalien. Es bildet sich in der fünften Woche beim Menschen in der Gegend, wo später das Perinaeum ist, eine Längsfurche. Diese wird immer tiefer und durchbricht die Substanz des Embryo, so dass hier eine Communication mit der Darmhöhle entsteht, welche also auch eine Communication mit dem Stiele der Allantois herstellt. Während im Uebrigen die Allantois beim Menschen aufgehört hat als Blase zu existiren, ist derjenige Theil, welchen die Flanken des Embryo mit in dessen Leibeshöhle eingeschlossen haben, wie bereits erwähnt wurde, offen geblieben, er hat seine Höhle behalten, und dieser Hohlkörper ist die Harnblase, und das obere Ende, das zum Nabel hingeht, ist der Urachus. Es entsteht hier also eine Oeffnung, welche sowohl mit dem Mastdarm als mit der Harnblase communicirt.

Im vorderen Theile dieses Spaltes bilden sich jederseits zwei Hervorragungen. Diese verwachsen beim Manne vollständig mit einander und bilden den Penis. Beim Weibe dagegen verwachsen sie nur an ihrem oberen Ende, an ihrem unteren bleiben sie getrennt. Die obere Partie wird zur Clitoris, die untere getrennte Partie sind die kleinen Schamlippen oder Nymphen. Nach unten und hinten von diesen Wülsten wachsen ein Paar neue heraus. Diese schliessen sich beim Manne, indem sie sich von beiden Seiten her mit einander vereinigen und den Hodensack bilden; beim Weibe vereinigen sie sich nicht miteinander, sondern wachsen zu beiden Seiten der früher beschriebenen Wülste nach aufwärts, und später, erst in der letzten Zeit der Entwickelung des Fötus, gegen das Ende der Schwangerschaft, überwachsen sie die kleinen Schamlippen vollständig, so dass sie jetzt die äussere Schamspalte bilden. Diese zwei Wülste werden also beim Weibe zu den äusseren Schamlippen. Es entsprechen sich also, was die äusseren Geschlechtstheile anlangt, Penis einerseits und Clitoris mit den kleinen Schamlippen andererseits, Hodensack beim Manne entspricht den grossen Schamlippen beim Weibe. Indessen hat sich wiederum eine Substanzbrücke gebildet, durch welche der hintere Theil des ursprünglichen Spaltes vom vorderen Theile desselben getrennt ist. Diese Substanzbrücke ist der Damm, das Perinaeum. Die Trennung geht auch in die Tiefe hinein, und es sind auf diese Weise Harn- und Geschlechtsöffnung vollständig gesondert von der Oeffnung zur Ausführung der Fäces. Beim Weibe ist ein eigener Kanal gebildet, der zu den inneren Genitalien hinführt, die Scheide.

Entwickelung der inneren Geschlechtstheile.

Wir können jetzt zu der Entwickelung der inneren Genitalien übergehen. Diese steht im nahen Zusammenhange mit der Entwickelung des uropoëtischen Systems. Wir haben gesehen, dass sich schon in sehr früher Zeit beim Embryo die Primordialniere anlegt. Wir haben schon *in den* Fig. 85 und 86 die Entwickelung ihres Ausführungsganges ver-

folgt. An diesem entstehen Blinddärmchen, welche wahre Harnkanäle sind, ähnlich den Harnkanälen der bleibenden Nieren. Sie sondern die Harnbestandtheile des Embryo ab, bis die bleibenden Nieren da sind. Wir haben in Fig. 93 einen Durchschnitt mit durchschnittenen Harnkanälen *(e e)* und Glomerulis *(g g)*. Diese Urnieren, die nach ihrem Entdecker Caspar Friedrich Wolff, den Namen der Wolff'schen Körper erhielten, liegen zu beiden Seiten des Embryo und reichen in der frühesten Zeit bis in den Kopftheil des Embryo hinauf. Später aber wächst der Embryo weiter und die Wolff'schen Körper wachsen nicht in gleichem Grade mit. Die Folge davon ist, dass sie im Embryo immer weniger weit hinaufreichen, und zuletzt in einem gewissen Stadium der Entwicklung als ein Paar verhältnissmässig kurze Organe unten im Becken liegen. Zu dieser Zeit entwickelt sich nun an und über ihnen ein neues Gebilde, die bleibende Niere. Die bleibenden Nieren setzen sich mit der Wurzel der Allantois durch ein Paar Ausführungsgänge, die späteren Ureteren, in Verbindung. Am Kopfende derselben entstehen verhältnissmässig früh ein Paar ihnen kappenartig aufgesetzte Gebilde. Diese sind die Anlagen der Nebennieren, der Capsulae suprarenales. Die Nieren wachsen immer weiter und weiter, während der Wolff'sche Körper in seiner Entwickelung zurückbleibt und eine Metamorphose erleidet. Es verdickt sich an einer Seite des Wolff'schen Körpers das Epithel, es entsteht hier ein Hügel, der sogenannte Eierstockhügel (Fig. 93 *a* und *b*) aus diesem Keimepithel entwickeln sich die Schläuche, aus denen die Eier entstehen, kurz, es entwickelt sich an und auf dem Wolff'schen Körper eine neue Drüse, die Geschlechtsdrüse. In derselben Weise entwickelt sich beim Manne der Hoden, nur dass hier aus dem Keimepithel das Epithel der Samenkanälchen gebildet wird. Der Wolff'sche Körper geht dabei nicht ganz zu Grunde, sondern ein Theil seiner Substanz wird beim Manne zur Bildung des Nebenhodens, beim Weibe zur Bildung des Parovariums verwendet. Der Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers geht beim Manne auch nicht zu Grunde, sondern wird in das Vas deferens umgewandelt. Beim Weibe gehen die Ausführungsgänge des Wolff'schen Körpers zu Grunde, nur bei einigen Thieren bleiben Reste davon als sogenannte Gartner'sche Gänge. Es hat sich bei beiden Geschlechtern neben dem Ausführungsgange (Fig. 94 *a*) noch ein Faden gebildet, der sich in ein hohles, blindendigendes Gebilde *(b b)* umwandelt.

Fig. 93.



a Eierstockhügel.
b Epithel desselben.
c Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers.
e Durchschnittene Kanäle des Wolff'schen Körpers.
g Glomeruli desselben.

In Fig. 93*d* ist die erste Anlage dieses Fadens nach Waldeyer im Querschnitt dargestellt. Man sieht ihn in Form einer Volute links neben dem Querschnitte des Ausführungsganges *(c)* des Wolff'schen Körpers. Der Faden ist von J. Müller entdeckt worden und heisst nach ihm der Müller'sche Faden. Er wird zur Tuba. Er öffnet sich nicht ganz an seinem blinden Ende, sondern etwas vor demselben und bildet so den Trichter der Tuba. Das blinde Ende bleibt stehen als sogenannte Endhydatide der Tuba. Dieses blinde Ende ist auch beim Manne, wo der übrige Faden zu Grunde geht, als sogenannte Morgagnische Hydatide zu finden. Wenn wir also die inneren Geschlechtstheile beim Manne und beim Weibe vergleichen, so haben wir als vergleichbare Dinge: Eierstock und Hoden, Nebeneierstock und Nebenhoden. Nicht vergleichbar aber sind Tuba und Vas deferens, denn das Vas deferens entsteht aus dem Ausführungsgange des Wolff'schen Körpers, die Tuba aus dem Müller'schen Faden. Vergleichbar sind wieder die Endhydatide der Tuba und die Morgagnische Hydatide am Hoden. Welchem Gebilde entspricht nun der Uterus? Man hat in früheren Zeiten den Uterus mit den Samenblasen verglichen. Dieser Vergleich ist aber durchaus unhaltbar. Der Uterus entsteht an der Vereinigung der Müller'schen Fäden, die ja die Tuben darstellen. Er kann beim Manne nur mit der Prostata und der Vesicula prostatica verglichen werden, die nach dem Ausdrucke E. H. Weber's bei einigen Thieren, wo sie stark entwickelt ist, einen förmlichen Uterus masculinus darstellt.

Fig. 94.



c c c ist die aus Blinddärmen bestehende Masse des Wolff'schen Körpers. *m* die Anlage der Generationsdrüse, die sich entweder zum Hoden oder zum Eierstock umwandelt.

Fig. 94 nach Kobelt.

Descensus testiculorum.

Der Hode liegt ursprünglich ebenso wie der Eierstock in der Bauchhöhle; er ist vom Peritonaeum überzogen. Er soll aber in den Hodensack hineingelangen. Er muss also seinen Weg durch den Leistenkanal nehmen. Diese Ortsveränderung ist der sogenannte Descensus testiculorum. In der Mitte des Fötallebens beginnt der Hode nach abwärts zu rücken, im siebenten Monate gelangt er an den Eingang des Leistenkanals, um im achten durch ihn hindurchzugehen und sich im neunten bis in den Hodensack hinabzusenken. Es ist bekannt, dass er bei diesem Descensus eine Reihe von Hüllen bekommt. Zunächst die Tunica vaginalis propria, die sich vom Peritonaeum ableitet und nichts Anderes ist, als das Peritonaeum, welches über den Hoden zurückgestülpt ist und sich über demselben geschlossen und abgeschnürt hat. Zweitens die Tunica vaginalis communis funiculi spermatici et testis, die eine

ausgesackte und verlängerte Partie der Fascia transversa ist. Endlich der M. cremaster, der sich in derselben Weise vom M. obliquus internus abdominis ableitet. Es fragt sich: Auf welche Weise und durch welche Kraft erfolgt das Herabsteigen des Hodens? Vom Hoden selbst lässt sich, wenn er noch in der Bauchhöhle liegt, ein faseriger Strang verfolgen, erst bis zum äusseren Leistenringe und dann ein Theil desselben noch bis in den Grund des Hodensackes. Man stellt es nun wohl so dar, als ob dieser Strang, den man mit dem Namen des Hunter'schen Leitbandes, Gubernaculum Hunteri, bezeichnet, durch seine stete Verkürzung den Hoden nach sich zöge und auf diese Weise den Hoden erst in den Leistenkanal hinein und dann endlich in den Hodensack hinabzöge. Auf diese Weise würde der Hode das sein, was zuvörderst bewegt wird, und er würde die Umhüllungen mitnehmen, indem er das Peritonaeum nach sich zieht und die Fascia transversa und die Fasern des Musc. obliquus abdominis internus vor sich hertreibt. Wenn man jedoch den Vorgang beim Schweine verfolgt, so muss man dadurch zu einer ganz andern Ansicht geführt werden. Hier sind die Dinge weit deutlicher und klarer auseinandergelegt als beim Menschen. Hier sieht man, wenn der Hode noch ganz oben im Leistenkanale ist, einen Beutel, der vom Peritonaeum gebildet wird und von den späteren Hüllen des Hodens bereits umgeben ist, in den Hodensack hinabragen. Dieser Beutel führt den Namen des Processus vaginalis peritonaei. Dieser kann kaum durch eine andere Kraft hinabgetrieben worden sein, als durch den Druck der Flüssigkeit in der Bauchhöhle. Er ist gewiss durch kein Gubernaculum Hunteri hinabgezogen worden, denn er liegt ganz frei im Hodensacke, so dass man ihn, wenn man den Hodensack öffnet, mit Leichtigkeit aus demselben herausheben kann. Er ist von einem succulenten Bindegewebe umgeben. Dieses verliert hinterher einen grossen Theil seiner Flüssigkeit und zieht sich dadurch auf ein geringeres Volumen zusammen, wodurch die Höhle des Processus vaginalis peritonaei noch tiefer in den Hodensack hinabgezogen, und so der Raum, den der Hode nachher einnimmt, frei gemacht wird. Diese Umwandlung succulenten Bindegewebes in weniger succulentes kommt überall im Embryo vor, indem das embryonale Bindegewebe eine viel mehr succulente Beschaffenheit, eine gelatinöse Consistenz hat, ganz verschieden von dem fertigen Bindegewebe. Es gleicht der Warthon'schen Sulze des Nabelstranges, dem Schleimgewebe von Virchow. Es ist ganz klar, dass beim Schweine dem Hoden erst der Raum im Hodensack und der freie Weg dahin durch den Processus vaginalis peritonaei gemacht wird, und dass er allmälig in diesen bereits gemachten Raum hineinrückt und seine Hüllen schon vorfindet. Man kann nur noch fragen: Was zieht ihn in diesen Raum hinab? Dies kann nicht das Gubernaculum allein sein, denn es würde in dem häutigen nachgiebigen Hodensack, in den der Hode doch schliesslich hinabgelangen soll, keinen festen Punkt finden. Man muss sich denken, dass die Gefässe und Nerven des Hodens und der über ihm liegende Theil des Peritonaeums sich verlängern und ihm zur Bewegung nach abwärts Raum geben, dass dagegen die Wand des Processus vaginalis peritonaei sich nicht in gleichem Maasse ausdehnt, dann wird, da der Wasserdruck das Peritonaeum unten im Hodensack festhält, dasselbe beim weiteren Wachsen des Fötus wie über eine flüssige Rolle herübergezogen, bis

schliesslich der Hode in den Hodensack gelangt ist. Man weiss, dass auch beim Menschen der Processus vaginalis peritonaei dem Hoden vorausgeht, nur nicht so weit wie beim Schweine; ja es wird angegeben, dass die erste Spur desselben schon zu Anfang des dritten Schwangerschaftsmonates sichtbar sei. Es kann somit kaum zweifelhaft sein, dass auch beim Menschen die Mechanik des Descensus testiculi dieselbe ist.

Entwickelung des chylopoëtischen Systems.

Wir haben gesehen, dass das Baer'sche Schleimblatt oder das innere Keimblatt von dem inneren Theile der Reichert'schen Membrana intermedia, von der Darmfaserplatte Remak's, überwachsen wird (Fig. 78, 79 und 95). Zwischen die Darmfaserplatte und das Baer'sche Schleimblatt schieben sich neue Zellen (Fig. 96) ein, welche mit den Zellen, die die Urwirbelanlage ausmachen, übereinstimmen, und die nach der Ansicht von Schenk auch von dieser Urwirbelanlage abstammen. Aus der Darmfaserplatte geht nach Schenk nur das Epithelium des Peritonaealüberzuges des Darmes und des Mesenteriums hervor. Aus dem Schleimblatte

Fig. 96.



Fig. 95.



geht das Epithel des Darmkanals und das Enchym der Drüsen, welche in der Wand des Darmkanals liegen, hervor. Aus den neuen Zellen, die sich zwischen beide eingeschoben haben, geht nun die übrige Wand des Darmes hervor, also die Muskeln, das Bindegewebe und die Gefässe. Die so gebildete Wand schliesst sich nun, wie wir früher gesehen haben, nach unten, sie schnürt den Embryo vom Dotter ab, so dass er nur noch durch einen Gang mit demselben in Verbindung steht, und dieser Gang ist der Ductus omphalomeseraïcus seu omphaloëntericus (Fig. 80 und 81 *o*).

Der Darm, der nun mit dem Embryo in die Länge wächst, und dessen Höhle auf diese Weise gebildet wurde, ist ursprünglich gerade

und liegt der Länge nach in der Mitte vor der Wirbelsäule. Dann bekommt er aber in der Mitte eine Ausbiegung nach vorn und über derselben eine leichte Erweiterung unterhalb der Schlundgegend. Die Erweiterung ist die Anlage des Magens: er liegt anfangs mit der Cardia nach oben, mit dem Pylorus nach unten, mit der grossen Curvatur nach hinten und mit der kleinen nach vorn. Er schliesst sich jetzt noch an den Schlund an, weil keine eigentliche Anlage für den Oesophagus vorhanden ist, oder wenigstens nur eine sehr kurze, indem die ganze Brusthöhle noch nicht gebildet ist, und somit auch der Raum für den Oesophagus, die Strecke, die er später durchmisst, noch nicht gegeben ist. Aus der vorerwähnten Ausbiegung des mittleren Theiles des Darms wird eine Schlinge, indem der Darm vom Magen erst nach abwärts steigt, dann sich nach rechts, dann wieder nach aufwärts wendet, einen queren Bogen beschreibt und an der linken Seite wieder herabsteigt. Aus dem ersten absteigenden Theile wird der Dünndarm, der quere Bogen mit seinem aufsteigenden und absteigenden Theile ist das Colon, das weiter absteigende Endstück bildet später die Flexura sigmoidea und das Rectum. Unterdessen geht am Magen eine Veränderung vor, die darin besteht, dass sich die grosse Curvatur nach links, und die kleine nach rechts wendet, und mit ihr der Pylorus und das oberste Stück des Darms, so dass das Hufeisen des Duodenums gebildet wird. Das Darmstück zwischen diesem und dem Colon ascendens wächst nun sehr stark in die Länge, und dadurch entstehen die vielfachen Windungen des Jejunum und Ileum, die bei ihrer grossen Gesammtlänge doch sämmtlich in einer verhältnissmässig kurzen Strecke an die Rückwand der Bauchhöhle angeheftet sind, so dass ihr Mesenterium an der Wurzel platt, an seiner Insertion an den Darm, den Windungen desselben entsprechend, vielfach gefaltet ist.

Nach vorn vom unteren Ende des Magens und oberen des Dünndarms entwickelt sich die Leber und zwar zuerst median: indem aber der Magen nach links geschoben wird, wird das Hufeisen des Duodenums und mit ihm die Leber nach rechts herübergeschoben, so dass die Hauptmasse der Leber im rechten Hypochondrium liegt. Mehr nach hinten entwickelt sich eine andere Anlage von Zellen, in welche das Schleimblatt hineinwuchert, und sie mit einer Auskleidung versieht. Das ist das Pankreas.

Entwickelung des Peritonaeums.

Es fragt sich nun: Auf welche Weise entwickelt sich das Peritonaeum und wie bekommen diese verschiedenen Theile ihren Peritonaealüberzug? Leber und Magen liegen ursprünglich hinter einander und sind beide von beiden Seiten vom Peritonaeum überzogen. Es existirt also eine Brücke desselben von der Abdominalwand zur Leber: diese ist das spätere Ligamentum suspensorium hepatis und weiter nach oben, nachdem das Zwerchfell entwickelt ist, das Kranzband mit dem Ligamentum triangulare dextrum und sinistrum. Es existirt ferner eine Brücke zwischen der Leber und der nach vorn gewendeten kleinen Curvatur des Magens, und diese ist das spätere kleine Netz. Es existirt eine Brücke von der grossen Curvatur des Magens zur Rückwand der Leibeshöhle, und diese ist das Mesogastrium. Nun denken Sie sich, dass Sie

die Hand auf die rechte Seite des Magens hinlegen, und dass Sie die grosse Curvatur des Magens, das ist die hintere, nach links hin drücken, so können Sie dies nur thun, indem Sie das Mesogastrium nach links drücken. Die Ausdrücke „rechts" und „links" haben Sie auf das Object, nicht auf sich selbst zu beziehen. Denken Sie sich, Sie dehnten das Mesogastrium in einen Sack aus und liessen denselben vor den Windungen des Darmes herabhängen, so ist dies der Saccus Winslowii, der Sack des grossen Netzes. Sie sind aber mit Ihrer Hand an der rechten Seite des kleinen Netzes gewesen, dieses wird also, nachdem Sie den Magen nach links geschoben, vor Ihrer Hand liegen. Wenn Sie unter der Gallenblase, schräg nach oben und hinter das kleine Netz mit dem Finger hinaufgehen, so kommen Sie in eine Oeffnung, in das Foramen Winslowii, und von dieser gelangen Sie in den Saccus Winslowii, dessen Platten beim Neugebornen noch nicht mit einander verwachsen sind, so dass man ihn vom Foramen Winslowii aus noch in seiner ganzen Ausdehnung aufblasen kann. Später verwachsen die vordere und die hintere Wand mehr oder weniger vollständig mit einander und das grosse Netz stellt nun eine einzige zusammenhängende Platte dar.

Wir begegnen aber noch einer auffallenden Erscheinung, der Verwachsung des grossen Netzes mit dem Mesocolon transversum. Wie kommt diese zu Stande? Sie haben gesehen, dass die Darmschlinge, aus welcher das Colon transversum hervorging, relativ heraufgerückt ist. Mit ihr rückte auch ihr Mesenterium hinauf. Dieses hat also seinen Ansatz an einer verhältnissmässig hohen Stelle. So ist es an einen Ort gelangt, an dem es in unmittelbare Berührung kommt mit der hinteren Wand des vor ihm herabsteigenden grossen Netzes, und mit ihm verwächst. Diese Verwachsung ist schon vollendet zur Zeit der Geburt, wenn die vordere und hintere Wand des grossen Netzes noch nicht mit einander verwachsen sind, wenn der Saccus Winslowii noch wegsam ist.

Entwickelung der Milz und der Lymphdrüsen des Mesenteriums.

Die Milz entwickelt sich im Mesogastrium und wird deshalb auch mit dem Mesogastrium nach links hin verschoben. Ihr Peritonaealüberzug ist kein anderer als derjenige, welchen sie von Haus aus von den Platten des Mesogastriums bekommen hat, zwischen denen sie sich entwickelt. In derselben Weise, in der sich die Milz im Mesogastrium entwickelt, entwickeln sich die Lymphdrüsen im Mesenterium.

Entwickelung der Lungen.

Schon ziemlich früh, indessen erst, wenn die Leber bereits eine gewisse Ausbildung erlangt hat, und die Visceralbögen angelegt sind, kündigt sich die Entwickelung der Lungen an, zuerst dadurch, dass sich die Wand des Vorderdarmes nach rechts und nach links verdickt. Diese Verdickung geht von der mittleren Schichte derselben aus. An den verdickten Stellen entstehen Gruben, in die sich das Schleimblatt hineinsenkt. Indem die verdickten Stellen stärker herauswachsen und nun schon kleine Anhänge des Vorderdarmes bilden, trennt sich das Ganze

mehr und mehr von demselben, so dass nur noch eine mediane Oeffnung bleibt, die in die beiden Anhänge hineinführt; das ist die Stimmritze. Die Anhänge wachsen, die Höhlen oder Gänge in ihnen verzweigen sich baumförmig; so entstehen Bronchien und Infundibula. Das Letzte, was sich bildet, sind die Lungenbläschen.

Entwickelung des Herzens und der Arterien.

Wir gehen nun über zur Entwickelung des Herzens und der grossen Gefässe. Wir haben gesehen, dass ursprünglich im Embryo zwei Aorten vorhanden waren. Diese Aorten gingen aus einem länglichen Schlauche, dem Herzen, hervor, welcher sich nach oben zu in zwei Aeste spaltete, und sie liefen zu beiden Seiten vor der Wirbelsäule herunter. Sie gaben beim Vogelembryo an der Seite zwei Arterien ab, welche in den Dottersack übergingen und die Arteriae omphalomeseraïcae darstellten. Beim Menschen gingen erst seitlich eine Reihe von kleinen Gefässen ab, die aber dann verödeten bis auf zwei, und das waren die Arteriae omphalomeseraïcae. Das Blut, das aus dem Fruchthofe zurückkam, floss in grossen Venen zurück, welche sich wiederum in zwei Hauptvenen sammelten, die sich dann vereinigten und das Blut in das untere Ende des Herzens zurückbrachten. Es war dies die erste Circulationsperiode, die Circulation durch die Nabelblase. Noch während derselben beginnen aber gewisse Veränderungen, welche sich sowohl auf das Herz und die Arterien, als auch auf die Venen beziehen. Das Herz bleibt nicht gerade, sondern wird zunächst eine Schlinge, welche aus dem Leibe des Embryo nach vorn (Fig. 80 und 81 *c*, Fig. 92 *c*) herausragt. Aus dieser Schlinge geht nun nicht mehr ein Aortenbogen jederseits hervor, sondern es entwickelt sich zu dem ersten Aortenbogen ein zweiter und dann ein dritter. Es sind dies die drei Aortenbögen, von denen wir schon früher gesprochen, die als die Grundlage für die drei Visceralbögen dienen. Im Herzen bilden sich nun zwei Einschnürungen, zwischen welchen der am meisten hervorragende Theil liegt. Er communicirt mit dem rückwärtigen Theile der Schlinge, aus dem der ursprünglich einfache Vorhof wird, durch eine Enge, den Canalis auricularis, und durch eine andere Enge, das Fretum Halleri, mit dem arteriellen Theile der Schlinge, aus dem der Bulbus arteriosus hervorgeht, der sich dann in die Aorten theilt. Die beiden Aorten bleiben nicht ihrer ganzen Länge nach doppelt, sondern sie verbinden sich in der Mitte mit einander, so dass eine einfache Aorta abdominalis entsteht, die vor der Wirbelsäule heruntergeht und jederseits von den drei Aortenbögen gespeist wird. Unten spaltet sie sich wieder in zwei Arterien, in die Arterien der Allantois, in die Umbilicalarterien. Es kann auf den ersten Anblick unmöglich erscheinen, dass sich zwei Arterien, in denen Blut circulirt, an einander legen und sich mit einander vereinigen. Man muss sich dies aber nicht so vorstellen, als ob die beiden Arterien sich aufthäten und dann ein gemeinsames Rinnsal bildeten. Sie legen sich an einander und werden an einer Stelle mit einander verlöthet. An dieser Stelle entsteht eine Communication in ähnlicher Weise, wie eine solche lochartige Communication zwischen der Aorta dextra und sinistra des Frosches existirt.

Jetzt ist also ein Stück da, das ihnen gemeinsam ist. Dieses Stück wächst nun fortwährend, so dass dadurch die getrennten Partien immer weiter von einander entfernt werden, dass ein langer Stamm entsteht, der oben von den Aortenbögen gebildet wird und sich unten in die Umbilicalarterien theilt. Diese unteren Endäste bleiben aber die Umbilicalarterien nicht immer. Wenn sich die unteren Extremitäten des Embryo gebildet haben, so muss natürlich auch zu ihnen eine grosse Menge Blutes gebracht werden: ebenso zu den sich entwickelnden Beckenorganen. Zuerst gehen verhältnissmässig kleine Gefässe hin, die von diesen unteren Endästen abgehen; nachher aber verlangen sie eine verhältnissmässig grosse Menge Blutes, so dass die Aeste für das Becken und die unteren Extremitäten als die Endäste der Aorta erscheinen. Es sind dies die Arteriae iliacae communes.

Am oberen Ende des Arteriensystems bilden sich ausser diesen drei Aortenbögen nach Baer's Beobachtungen noch ein vierter und ein fünfter jederseits. Dafür fangen aber die oberen jetzt zu schwinden an, so dass zur Zeit nur drei vorhanden sind. Das, was von den oberen übrig bleibt, wird jederseits verwendet zur Carotis. Aus dem dritten von oben wird jederseits die Subclavia, der vierte von oben schwindet auf der rechten Seite, auf der linken Seite wird er in den bleibenden Arcus aortae umgewandelt, die fünften und untersten jeder Seite geben die beiden Hauptäste der Arteria pulmonalis und der linke ausserdem den Ductus arteriosus Botalli her. Der Stamm der Arteria pulmonalis wird nach Rokitansky gebildet, indem im Bulbus arteriosus ein Septum entsteht, und so dieser ursprünglich einfache Stamm in zwei Stämme getrennt wird, von denen der eine der Arteria pulmonalis, der andere der Aorta angehört.

Zu dieser Zeit wird auch das Herz getrennt, und zwar bildet sich zuerst im Ventrikel eine Furche von vorn nach hinten. Diese Furche gleicht sich bei den meisten Thieren später wieder aus, aber bei einigen Säugethieren, wie beim Dügong (Halicore), prägt sie sich noch stärker aus, so dass das Herz durch einen tiefen Einschnitt äusserlich schon in zwei Ventrikel getheilt ist. So wie sich diese Furche bildet, wächst parallel mit ihr im Innern die Herzscheidewand, anfangs als sichelförmige Leiste mit nach oben gerichteter Concavität. Die schliesslich noch bleibende Lücke wird zum Ostium aorticum verwendet: und diese theilt den Ventrikel in zwei Abtheilungen. Etwa gleichzeitig wächst eine Scheidewand im Vorhof von oben nach unten. Sie beginnt nach Rokitansky, dessen Untersuchungen wir hier folgen, an der linken Seite der Circumferenz des einmündenden Körpervenenstammes. Es ist dies das Septum atriorum. Es wächst hinab bis an das ursprünglich einfache Ostium atrioventriculare, das somit in ein rechtes und ein linkes getheilt wird. Hier vereinigt sich nun das Septum ventriculorum mit dem Septum atriorum. Ehe diese Vereinigung sich vollendet, wird nach Lindes und nach Rokitansky das Septum atriorum in bedeutender Ausdehnung netzförmig durchbrochen. Dieser Durchbruch ist zugleich die Anlage des Foramen ovale. Die Valvula foraminis ovalis ist eine spätere Bildung. Das sind mit der Bildung der Arterien für das sich entwickelnde chylopoëtische System die Hauptveränderungen, welche im Arteriensysteme vor sich gehen. Ich muss nur noch hinzufügen, dass

eine der beiden Arteriae omphalomeseraïcae obliterirt, so dass später nur eine vorhanden ist, und dass diese eine es ist, welche dem Darmkanal die ersten Gefässe abgibt, so dass sich ihr Stamm, wenn die Circulation durch die Nabelblase aufhört, als der Stamm einer Arteria meseraïca seu mesenterialis darstellt.

Entwickelung der Venen.

In der ersten Circulationsperiode, in der noch keine Allantois existirt, und die ernährende Circulation noch durch die Nabelblase geht, da fliesst im Embryo noch verhältnissmässig wenig Blut. Die ersten grösseren Venen, die sich ausbilden, sind die sogenannten Cardinalvenen von Rathke. Für jede Hälfte des Körpers existirt eine obere und eine untere Cardinalvene. Jederseits münden die obere und die untere Cardinalvene zusammen in einen kurzen horizontal verlaufenden Stamm. Diese beiden Stämme, die so entstehen, sind die Ductus Cuvieri, welche zusammen in das venöse Ende des Herzens einmünden. Zugeführt wird dem Embryo das Blut durch die Vena omphalomeseraïca, die allein noch übrig ist von den beiden Venae omphalomeseraïcae, indem die andere zu Grunde gegangen ist. Bei der weiteren Entwickelung des Embryo geht die Vena omphalomeseraïca eine Verbindung mit der Leber ein. Sowie sich die Leber entwickelt, vertheilt sich die Vena omphalomeseraïca in ihr und bildet auf diese Weise ein primitives Pfortadersystem. Zu gleicher Zeit aber entwickelt sich der Darmkanal, und es kommt also auch Blut von demselben und zwar durch eine Vene, welche als Vena meseraïca zu benennen ist. Diese Vene mündet in die Vena omphalomeseraïca ein, und durch diese geht ihr Blut zur Leber. Nun wächst aber der Darmkanal immer weiter, und die Nabelblase bleibt im Wachsthum zurück und atrophirt endlich, so dass, während ursprünglich die Vena meseraïca als ein kleiner Ast der Vena omphalomeseraïca erschien, jetzt umgekehrt die Vena omphalomeseraïca einen kleinen Ast der Vena meseraïca darstellt, und der Stamm dieser Vena meseraïca, der in die Leber hineingeht, ist nichts anderes als die Pfortader, der grosse Venenstamm, der das Blut des chylopoëtischen Systems in die Leber hineinführt. Von den beiden Nabelvenen schwindet auch die eine, und die andere geht gleichfalls eine Verbindung mit der Leber ein, so dass eine kurze Zeit lang die Leber mehr Blut von der Nabelvene, als von der Vena omphalomeseraïca erhält. Das ist aber ein vorübergehender Zustand. Es entwickelt sich mit den unteren Extremitäten und den Beckenorganen zugleich eine grosse Vene vor der Wirbelsäule, und diese ist die Vena cava ascendens. Von der Vena umbilicalis bildet sich nun eine Anastomose zur Vena cava ascendens, welche hinter der Leber weggeht, und diese Anastomose ist der Ductus venosus Arantii. Auf diese Weise wird das Blut der Nabelvene wieder von der Leber abgelenkt und derjenige Zustand hergestellt, der sich später zur Zeit der Geburt vorfindet. Die ganze weitere Entwickelung des Venensystems der unteren Körperhälfte beruht nun auf der Entwickelung des Systems der unteren Hohlvene, in welche die Venen der unteren Extremitäten, der Geschlechtstheile, der Nieren u. s. w. einmünden, in der Weise, wie wir es noch zur Zeit der Geburt finden.

Was wird nun aus den Cardinalvenen? Die oberen gehen direct in die äusseren Jugularvenen über, während die inneren Jugularvenen eine spätere Bildung sind. Zu dieser Zeit aber tritt das Herz nach abwärts. Sie entsinnen sich, dass es in der ersten Zeit des embryonalen Lebens ganz hoch am Halse lag, dass es aber mit der Bildung des dritten, vierten, fünften Aortenbogens, die sich nach einander unter dem ersten und zweiten bildeten, immer weiter nach abwärts rückte. Mit dieser Lageveränderung ist es verbunden, dass die Ductus Cuvieri, die zuerst horizontal verliefen, jetzt mit einander einen nach oben offenen Winkel machen, schräg nach abwärts gerichtet sind. Die beiden, von aussen und oben nach innen und unten verlaufenden Gefässe sind die beiden oberen Hohlvenen. Die obere Hohlvene ist von Hause aus doppelt. Bei denjenigen Amphibien, bei denen dieser Zustand persistirt, bezeichnet man diese Venen nicht mit dem Namen der oberen Hohlvenen, sondern mit dem Namen der Subclavien. Geht man aber auf die Entwickelungsgeschichte zurück, so muss man diese beiden Subclavien, die aus den Ductus Cuvieri entstanden sind, als die oberen Hohlvenen ansehen. Von ihnen persistirt beim Säugethiere und Menschen nur die rechte. Es bildet sich nämlich eine Anastomose von der linken oberen Hohlvene zur rechten, und der Stamm der linken oberen Hohlvene obliterirt. Aus den unteren Cardinalvenen ist nun rechterseits die Vena azygos, und linkerseits die Vena hemiazygos entstanden. Dass rechts eine Azygos und links eine Hemiazygos entsteht, hängt damit zusammen, dass der Stamm der linken oberen Hohlvene, der linke Ductus Cuvieri zu Grunde geht, und nur der rechte persistirt. Auf diese Weise stellt sich der Zustand her, welchen man als den Zustand der zweiten Circulationsperiode bezeichnet, und der bis zur Geburt dauert.

Der schwangere Uterus.

Während der Zeit der Gestation wächst, wie Sie wissen, der Uterus bedeutend an Masse und zwar kommt diese Massenzunahme wesentlich her von der Vermehrung der Muskelfasern, der Blutgefässe und des Blutes in den letzteren. Anfangs überwiegt die Dickenzunahme über die Ausdehnung des Uterus. Später aber bleibt diese Massenzunahme hinter der Ausdehnung zurück, so dass sich dann die Wandungen des Uterus verdünnen. Nach Braxton Hicks soll der Uterus vom dritten Monate an leichte periodische Zusammenziehungen machen, welche drei bis fünf Minuten anhalten, und die man durch die aufgelegte Hand fühlen kann. Er legt auf diese Contractionen einen grossen Werth als auf ein diagnostisches Hülfsmittel um eine normale Schwangerschaft von einer extrauterinen oder von einer Geschwulst zu unterscheiden. Wenn die Zeit der Gestation zu Ende geht, so vermindert sich die Menge des Fruchtwassers etwas. Es verdünnt sich zuletzt die Cervicalportion des Uterus, und es bereitet sich auf diese Weise der Act der Entbindung vor.

Die Geburt.

Wir wollen nur die mechanischen Grundsätze kennen lernen, nach denen das Kind aus dem Uterus ausgetrieben wird, da die Einzelheiten

ausführlich in der Geburtshilfe gelehrt werden. Es wird durch die Zusammenziehungen des Uterus ausgetrieben, aber so, dass der Uterus zunächst nicht auf das Kind selbst, sondern auf das Fruchtwasser drückt, das ist auf den Liquor Amnii. Dies ist von wesentlicher Bedeutung nicht allein für die Sicherheit und die Erhaltung des Kindes, sondern namentlich für die Erweiterung des Muttermundes, indem nach einem bekannten physikalischen Gesetze der Druck in einer Flüssigkeit nach allen Richtungen sich mit gleicher Stärke fortpflanzt, und deshalb die Blase, das heisst der Theil der Eihäute, der in das Orificium uteri hineingetrieben wird, viel mehr geeignet ist, das Orificium uteri zu erweitern, als irgend ein Kindestheil, der in denselben hineingedrängt werden könnte. Der alte Anatom und Geburtshelfer Röderer sagte schon, die Blase erweitere den Muttermund wie ein Cuneus aquosus, wie ein aus Wasser gebildeter Keil.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass, wenn die Blase einmal gesprungen ist, in der Regel die Geburt rascher vorwärts geht. Deshalb kam man einmal auf die Idee, die Geburt dadurch zu beschleunigen, dass man die Eihäute frühzeitig zerriss, die Blase sprengte. Der Erfolg war aber durchaus das Gegentheil von dem, was man erwartete. Die Geburt ging sehr langsam vorwärts, und man war häufig genöthigt, schliesslich die Zange anzuwenden und das Kind aus dem Uterus herauszuholen. Das lag daran, dass hier die Eihäute zu einer Zeit gesprengt waren, wo der vordringende Kopf des Kindes sich noch nicht in das eröffnete Os uteri hineindrängen konnte, weil dasselbe noch nicht hinreichend erweitert war. Normalerweise ist der Vorgang folgender. Es erweitert die Blase den Muttermund so weit, dass der Kopf in denselben sich hineindrängen kann, und wenn dies geschehen ist, dann übt der Kopf mit dem nachdrängenden Körper des Kindes auf den Theil des Fruchtwassers, welcher auf diese Weise in der Blase, das heisst in dem in den Muttermund hineinragenden Theil der Eihäute, durch den Kopf gleichsam wie durch einen Stöpsel abgetrennt wird, einen Druck aus, der in der Regel hinreicht, um die Blase zu sprengen. Nun ist die Oeffnung, das Orificium uteri externum, so erweitert, dass der Kopf selbst sich durchdrängen kann. Es werden auch heute noch Blasen zersprengt, aber nur dann, wenn sie so ausserordentlich zähe und widerstandsfähig sind, dass sie selbst in dieser Periode noch nicht zerreissen; aber diese Periode wird jetzt mit vollem Rechte von den Geburtshelfern allgemein abgewartet.

Nachdem das Kind aus dem Uterus herausgetrieben ist, kann sich derselbe auf einen viel kleineren Raum zusammenziehen. Damit hängt zweierlei zusammen. Erstens die Loslösung der Placenta, die schon durch trophische Vorgänge in der letzten Zeit der Schwangerschaft vorbereitet ist, und die jetzt erfolgt. Zweitens hängt aber damit zusammen die Compression der Lumina der Gefässe, die bei der Ablösung der Placenta zerreissen. Denn obgleich hier Gefässe von der Dicke eines Federkiels zerreissen, so tritt doch in gewöhnlichen Fällen keine das Leben irgendwie gefährdende Blutung ein, weil eben die Zusammenziehung des Uterus die Lumina der Gefässe, die durchrissen sind, verschliesst. Das ist auch der Grund, weshalb gefährliche Blutungen eintreten, wenn sich die Placenta zu einer Zeit loslöst, zu welcher das Kind sich noch im

Uterus befindet, wo also der Uterus sich nicht zusammenziehen kann. Auch wenn nach der Geburt des Kindes heftige Blutungen eintreten, und die Placenta noch im Uterus zurückgeblieben ist, löst man sie und befördert sie vollständig heraus, damit der Uterus sich auf ein möglichst kleines Volumen zusammenziehen und auf diese Weise die durchrissenen Gefässlumina verschliessen könne.

Das Kind nach der Geburt.

Welches sind nun die Veränderungen, die mit dem Kinde unmittelbar nach der Geburt vor sich gehen, welches sind die Ursachen des ersten Athemzuges, und welches sind die Ursachen der Veränderungen in der Circulation? Der erste Athemzug hat zunächst seinen Grund in der venösen Beschaffenheit des Blutes. Sobald das Kind einmal aus dem Uterus heraus ist, auch wenn es noch mit der Nabelschnur in Verbindung ist, wird sein Blut nicht mehr in der früheren Weise durch das Placentarblut sauerstoffhaltig gemacht, weil der Uterus sich zusammenzieht und deshalb die Circulation durch die Placenta nicht mehr in der früheren Weise vor sich geht. Es ist schon erwähnt worden, dass man dieses Venöswerden des Blutes nach der Rosenthal'schen Theorie als die Ursache des ersten Athemzuges ansehen muss, und dass dies auch seine Bestätigung darin findet, dass Kinder, bei denen im Mutterleibe die Nabelschnur comprimirt wird, Inspirationsbewegungen machen, bei welchen sie das Fruchtwasser aspiriren. Ein Anregungsmittel für den ersten Athemzug liegt auch offenbar in der Berührung der Haut mit der atmosphärischen Luft und in dem Temperaturwechsel, dem das Kind ausgesetzt ist. Es ist bekannt, dass Erwachsene, und noch mehr Kinder, wenn sie in ein kaltes Bad hineinsteigen, häufig zu einer heftigen Inspirationsbewegung reflectorisch angeregt werden. Es ist ebenso bekannt, dass es bei asphyktisch geborenen Kindern zu den wirksamsten Wiederbelebungsmitteln gehört, dass man sie in ein warmes Bad hineintaucht, sie dann aus demselben heraushebt, ihnen aus einem Schwamme kaltes Wasser auf die Brust herunterfliessen lässt, und diese Operation mehrmals wiederholt.

Mit dem Beginne des ersten Athemzuges hängt aber nun die Veränderung in der Circulation aufs innigste zusammen. Bis jetzt war die Lunge luftleer und auf einen kleinen Raum zurückgedrängt, an der Rückseite des Thorax zu beiden Seiten des Herzens gelegen. Wenn nun aber der Thorax ausgedehnt wird, so tritt Luft in die Lunge ein. Diese Luft tritt nur deshalb in die Lunge ein, weil im Thorax ein negativer Druck entsteht, das heisst, weil der Druck unter den der Atmosphäre sinkt. Aus demselben Grunde aber, aus welchem in die Luftwege der Lunge von aussen her die atmosphärische Luft eingesaugt wird, aus demselben Grunde muss auch in die Blutgefässe der Lunge das Blut eingesaugt werden, und zwar dasjenige Blut, das aus dem rechten Herzen hervorgeht und das bisher durch den Ductus arteriosus Botalli in die Aorta hineinging. Wenn man bedenkt, dass die Aorta schon Blut aus dem linken Ventrikel bekommt, dass also in derselben ein beträchtlicher Druck herrscht, so ist es klar, dass für das Blut, das aus dem rechten Ventrikel kommt, nun nicht mehr der Weg durch den Ductus arteriosus

Botalli der Weg des geringsten Widerstandes ist, sondern dass es derjenige sein muss, der in die Lungenschlagadern führt. Da nun Flüssigkeiten unter allen Umständen den Weg des kleinsten Widerstandes gehen, so ist es auch ganz klar, dass das Blut aus dem rechten Ventrikel nicht mehr durch den Ductus arteriosus Botalli, sondern in die Pulmonalarterie hineingehen wird. Zugleich entsteht offenbar in der Muskulatur des Ductus arteriosus, wahrscheinlich auf reflectorischem Wege angeregt, eine Zusammenziehung, so dass er sein Lumen immer mehr und endlich bis auf ein Verschwinden desselben verengert. Dadurch wird die spätere Obliteration des Ductus arteriosus Botalli eingeleitet, die wahrscheinlich in ähnlicher Weise, wie die Obliteration eines jeden Gefässes erfolgt, durch welches das Blut nicht mehr hindurchcirculirt. Sie wissen, dass, wenn man ein Gefäss unterbindet, dieses sich nicht allein an der Unterbindungsstelle schliesst, sondern, dass es obliterirt so weit der Thrombus in dem Gefässe hinaufreicht, so weit eben keine Circulation durch das Gefäss mehr stattfindet.

Eine ähnliche Contraction findet offenbar in den Nabelarterien statt. Es zeigt sich dies in dem gänzlichen Aufhören der Circulation durch den Nabelstrang. Wenn man das Kind zwischen die Schenkel der Mutter legt, während die Placenta noch im Uterus ist, und man fühlt von Zeit zu Zeit die Nabelschnur an, so wird man bemerken, dass sie schwächer und schwächer klopft und endlich zu klopfen aufhört. Wenn man sie jetzt durchschneidet, so spritzt nicht etwa das Blut heraus, sondern es fliessen nur wenige Tropfen Blutes heraus, und man kann sie mit aller Musse unterbinden. Ja man kann sie sogar in der Mehrzahl der Fälle ununterbunden lassen, ohne dass das Kind sich verblutet. Es ist das ein Experiment, das nicht einmal, sondern oftmals und öfter gemacht worden ist, als es gut war. Unter einem Theile der Geburtshelfer hatte sich einmal die Vorstellung gebildet, dass die Unterbindung der Nabelschnur allerhand Nachkrankheiten zur Folge habe. Sie sei etwas Unnatürliches, denn das Vieh unterbinde die Nabelschnur nicht, sondern beisse sie nur durch. Es wurde also thatsächlich in einer Reihe von Fällen die Nabelschnur nicht unterbunden, sondern man wartete, bis sie aufgehört hatte, zu klopfen und dann durchschnitt man sie. In der Mehrzahl der Fälle trat hiebei durchaus keine irgendwie nennenswerthe Blutung ein, dann aber passirten einige Unglücksfälle, es hatte sich eben die Muskulatur der Nabelschnur noch nicht hinreichend zusammengezogen, oder die Zusammenziehung hatte nicht angehalten, es verbluteten sich ein paar Kinder, und seitdem wurde die Nabelschnur nach wie vor unterbunden. Die Contraction ist in ihren Folgen auch noch an Leichen junger Kinder nachweisbar. Das Blutgerinnsel in der Arterie ist fadenförmig verdünnt oder vollständig unterbrochen. Nur ausnahmsweise setzt es sich mit weniger verringertem Querschnitt vom intraabdominellen Theile des Gefässes in dem Nabelstrang fort. Wir haben schon, als wir vom Bau der Arterien im allgemeinen sprachen, gesehen, wie die Nabelarterien durch ihren Bau mehr als andere Schlagadern für den Selbstverschluss geeignet sind. Namentlich sind es der Mangel der elastischen Intima und die nach innen von den Ringfasern liegenden Längsfasern, die ihnen hierbei zu statten kommen. Letztere werden unter dem Druck der Ringfasern einseitig zusammengedrängt, so dass der Querschnitt des

Lumens erst halbmond- dann neumondförmig wird und endlich als lineares Bogenstück gänzlich verschwindet. Strawinski hat diesen Vorgang durch Untersuchungen an Leichen klargelegt und durch Abbildungen erläutert.

Auf diese Weise ist derjenige Zustand hergestellt, wie er dem Extrauterinleben gemäss ist, und hat auch die Circulation diejenige Gestalt angenommen, welche von nun an bleibt. Das Foramen ovale schliesst sich theils, theils bleibt es lange Zeit, oft das ganze Leben hindurch offen, ohne dass dadurch nothwendig bedeutende Störungen in der Circulation eintreten, weil eben das Blut aus den beiden Vorhöfen doch immer mit Leichtigkeit gegen den Ort des kleinsten Widerstandes, gegen den entsprechenden Ventrikel zu fällt.

Entwickelung der Gewebe (Histogenesis).

Die Horngebilde.

Die Oberhaut.

Wir machen den Anfang mit den Horngebilden, mit den Producten des Hornblattes. Aus dem Hornblatte geht zunächst die Oberhaut hervor. Diese besteht, wie Sie wissen, aus Zellen, die in ihrer untersten Schichte höher sind als breit, auf die dann mehrere Lagen von polyedrischen Zellen und nach oben zu mehr abgeplattete Zellen folgen, die dann endlich so weit abgeplattet sind, dass sie dünne Lamellen darstellen, dicht an einander kleben, und die Kerne undeutlich werden. Das ist dann die eigentliche Hornschicht der Oberhaut, während man die tiefer liegenden succulenten Schichten als Rete mucosum Malpighii bezeichnet. Es ist bekannt, dass sie sich immer aus der Tiefe regenerirt. Einzelne haben sogar in neuerer Zeit angenommen, dass die untersten Zellen der Oberhaut aus dem darunterliegenden Bindegewebe hervorwachsen können. Es scheint das aber nicht so zu sein, es scheint, dass die Horngebilde sich immer nur regeneriren aus Keimen, die ihrer eigenen Art angehören. Es spricht dafür erstens die Entwickelung aller Epidermoidalgebilde aus dem Remakschen Hornblatte beim Embryo, und zweitens sprechen dafür auch die Versuche, welche in neuerer Zeit mit dem sogenannten Pfropfen oder Oculiren der Epidermis gemacht worden sind. Man war bei Wunden, welche vernarben, immer im Zweifel, ob der Vernarbungsprocess blos erfolgt von den Wundrändern aus, indem von da aus die Zellen des Hornblattes gewissermassen auf die Wundfläche hinüberkriechen, oder dadurch, dass aus der Tiefe Keime für neue Horngebilde nachrücken. Zu dieser letzteren Ansicht gaben die sogenannten Inseln Veranlassung, die mit Epidermis überzogenen Flecke in der Mitte einer grösseren Wundfläche. Es scheint aber doch, dass sie stets, wenn auch schmale, Verbindungen gegen die Epidermis haben, dass es Strassen gibt, wo die Epidermiszellen vom Rande gegen die Mitte vorrücken, und dass sie nur an den Stellen, die wir als Inseln erkennen, eine grössere Ausbreitung gewonnen haben. Diese Ansicht hat eine Stütze erhalten durch die Erfahrung, dass man

den Vernarbungsprocess sehr beschleunigen kann, indem man auf die Mitte der Wundfläche ein ganz dünn abgeschnittenes Stück von Epidermis, an dem sich noch das lebende Rete Malpighii befindet, aufpflanzt: es befestigt sich, und von ihm geht durch Zellenbildung die weitere Vernarbung aus. Die Franzosen bezeichnen ein so aufgepflanztes Epidermisstück als Greffe épidermique, indem sie den Process mit dem Pfropfen oder Oculiren der Bäume vergleichen.

Die Nägel.

Zu den Epidermoidalgebilden gehören auch die Nägel. Man kann, wenn man den Finger einer Leiche in siedendes Wasser steckt, wenn man ihn abbrüht, die ganze Epidermis und mit ihr den Nagel herunternehmen. Das Lösen der Epidermis beim Abbrühen entsteht dadurch, dass man die unteren succulenten Schichten des Rete Malpighii ganz mürbe und zerreisslich macht, so dass die feste Epidermis sich von der unterliegenden gefässreichen Cutis loslöst. Man sieht dann, dass der Nagel nicht auf der Cutis als solcher, sondern auf einer Epidermisschicht aufliegt.

Der Nagel selbst besteht aus Epidermiszellen. Man erkennt das zwar nicht, wenn man einfach Durchschnitte macht und sie unter das Mikroskop legt: man sieht es aber wohl, wenn man diese Durchschnitte vorher in kohlensaurem Natron oder Kali macerirt hat. Dann quellen die verhornten Zellen wieder auf, und es zeigt sich aufs deutlichste die Zusammensetzung des ganzen Nagels aus Epidermiszellen. Der Nagel ist eingelassen in eine Epidermisfalte, in den sogenannten Nagelfalz, und wenn man diesen zurückschiebt, oft auch schon, ohne dass man dies thut, sieht man eine halbmondförmige weissliche Stelle. Diese Stelle ist die sogenannte Lunula, die Stelle, an der die neuen Nagelzellen entstehen, und von der aus der Nagel wächst. Der Nagel hat kein interstitielles Wachsthum, er wächst durch Apposition an seinem hinteren Ende. Wenn man zwei Feilstriche in den Nagel macht und deren Entfernung von Zeit zu Zeit misst, so findet man, dass sie immer dieselbe bleibt, dass aber beide Feilstriche immer nach vorn rücken. Der Nagel muss deshalb auf dem Nagelbette fortrutschen, und das thut er auch. Er hat dabei in der Structur des Nagelbettes eine eigenthümliche Leitung und Führung, indem das Nagelbett der Länge nach gerifft ist, so dass hiedurch dem Nagel bei seinem Vorrücken immer eine bestimmte Richtung vorgeschrieben ist. Diese Riffe erstrecken sich auch auf die darunterliegende Cutis, und in dieselben gehen Capillargefässe hinein. Indem der Nagel nun auf dem Nagelbette fortrutscht, bringt er von den Epidermiszellen, die zunächst unter ihm liegen (denn er selbst ist ja von der Cutis durch eine Lage von Epidermiszellen getrennt,) eine Portion mit nach vorn. In der Regel gehen diese beim Waschen und Reinigen mit fort, so dass man nichts von ihnen bemerkt, aber an Spitalsleichen hat man nicht selten Gelegenheit, zu sehen, dass sich bedeutende Massen unter den Fussnägeln angesammelt haben, die, wenn man sie näher untersucht, sich als aus lauter Epidermiszellen bestehend erweisen.

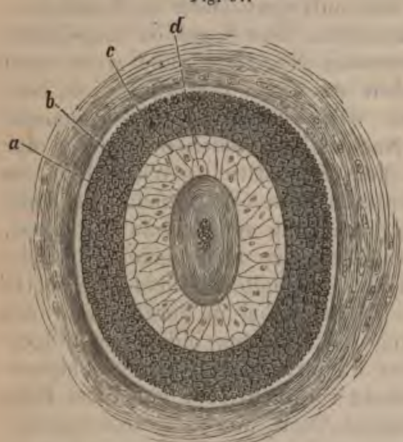
Wir kürzen bekanntlich unsere Nägel, wir schneiden sie ab. Wenn sie nicht gekürzt werden, so erlangen sie eine bedeutende Länge und

wachsen zu einer förmlichen Kralle aus. In Berlin befinden sich auf dem anatomischen Museum ein Paar Finger von einem malayischen Häuptlinge, die von Schönlein an das Museum geschenkt worden sind. An diesen sind diese Krallen zu sehen. Die Malayenhäuptlinge, um zu zeigen, dass sie nicht zu arbeiten brauchen, lassen ihre Nägel wachsen und schützen sie sogar durch Futterale. Die Nägel sind in doppelter Weise gekrümmt, erstens im Querdurchmesser, wie man dies ja auch, wenn auch schwächer, an jedem geschnittenen Nagel sieht, und zweitens im Längs-Durchmesser nach abwärts. Sie stellen also umgekehrte, nach dem Lauf gekrümmte Rinnen dar.

Die Haare.

Das Haar besteht aus dreierlei Substanzen. Am Haarschaft unterscheidet man erstens eine äusserliche Schicht von dünnen, plattenartigen Zellen, die mit ihren Rändern dachziegelförmig übereinander liegen und die Cuticula des Haares bilden. Wenn man das Haar mit Schwefelsäure betupft, so löst sich diese Cuticula in Lappen von der Oberfläche des Haares ab. Darunter liegt die Substantia propria. Sie besteht aus Zellen, die nach beiden Enden spitz zulaufen, aus Spindeln, welche sich gegen einander abgeplattet haben und dadurch kantig geworden sind. Sie bilden bei weitem die Hauptmasse des ganzen Haares. Nur in der Mitte liegt noch die sogenannte Markeubstanz. Diese besteht aus unregelmässig gestalteten Zellen, welche von der Haarzwiebel aus, dem untersten, verdickten Theile des Haares, den wir bald besprechen werden, nach oben vorgeschoben worden sind. Das Mark des Haares geht aber keineswegs immer continuirlich durch das ganze Haar hindurch, sondern es lässt nicht selten bedeutende Lücken zwischen sich, so dass es nur stellenweise und mit Unterbrechungen im Innern des Haares abgelagert ist, und fehlt in vielen Fällen ganz. Nach unten zu verdickt sich das Haar und geht in die Haarzwiebel über. Diese steckt mit einem Theile des Haares im Haarbalge und ist auf der Haarpapille, der Papilla pili, befestigt.

Fig. 97.



Der Haarbalg ist als eine Ausstülpung der Cutis in das subcutane Bindegewebe zu betrachten. Manchmal ragen auch, wie bei den Barthaaren am Kinn, die Wurzeln der Haare bis zwischen die einzelnen Muskelbündel hinein. Diese bindegewebige Ausstülpung geht nach unten in das subcutane Bindegewebe über, und Dr. Wertheim hat darauf aufmerksam gemacht, dass immer zu dem Grunde des Haarbalges ein eigener Bindegewebsstrang, wie ein Stiel, hingeht. Auf die bindegewebige Schicht des Haarbalges, in der zugleich die Gefässe desselben enthalten sind,

folgt nach innen zu eine eigenthümliche Faserschicht. Die Fasern sind der Quere nach ringförmig angeordnet und haben sehr stark verlängerte Kerne, ähnlich lange Kerne, wie sie die glatten Muskelfasern besitzen. Man kennt aber an diesen Fasern bis jetzt keine Contractionserscheinungen. Auf diese Ringfaserschicht des Haarbalges folgt die sogenannte Glashaut, eine dünne Haut, an der man keine eigentliche Structur erkennen kann, an der man nur mehrfach in spitzen Winkeln sich durchkreuzende quere Linien sieht. Ein Querschnitt durch den Haarbalg (Fig. 97) zeigt dieselbe in *a*. Diese Glashaut grenzt den eigentlichen Haarbalg gegen die sogenannten Wurzelscheiden des Haares ab. Wurzelscheiden des Haares gibt es zwei, eine äussere und eine innere. Die äussere (Fig. 97 *b*) Wurzelscheide ist eine directe Fortsetzung des Rete Malpighii und besteht aus denselben succulenten Zellen wie dieses. Die Entwickelung und die Bedeutung der inneren Wurzelscheide werden wir später noch kennen lernen. Ich will jetzt nur darauf aufmerksam machen, dass die innere Wurzelscheide den Raum zwischen der äusseren Wurzelscheide und dem Haare ausfüllt, und dass sie aus zwei Schichten besteht, einer äusseren Schicht (Fig. 97 *c*) von länglichen, durchsichtigen, kernlosen Zellen, welche gewöhnlich so an einandergefügt sind, dass sie Spalträume zwischen sich lassen: dies ist die Henle'sche Schicht. Darauf folgt nach innen eine Schicht von dickeren, kernhaltigen, aber gleichfalls glasartig durchsichtigen Zellen: das ist die Huxley'sche Schicht (Fig. 97 *d*).

Nach unten ist das Haar, wie gesagt, auf die Papilla pili aufgesetzt, zu welcher ernährende Blutgefässe hingehen. In ihrem oberflächlichen Theile besteht dieselbe ganz aus polyedrischen Zellen, und auf diesen keimen nun die jungen Zellen, welche sich in die Substanz des Haares umwandeln. Die äussersten verwandeln sich in die Cuticula des Haares, dann die Hauptmasse in die Substantia propria desselben: zunächst der Axe aber befindet sich häufig eine Quantität von Zellen, welche nicht spindelförmig auswachsen, sondern unregelmässig gestaltet bleiben, gewissermassen verkümmern, und in der Axe des Haares beim Wachsthum als sogenannte Marksubstanz mit heraufgeschoben werden.

Die verschiedenen Haare unterscheiden sich von einander durch ihre Farbe und durch die Gestalt des Querschnittes. Bei den dunkelpigmentirten Haaren, bei den schwarzen und braunen, ist das ganze Haar gefärbt. Im mikroskopischen Bilde erscheint die Färbung in der Marksubstanz des Haares am dunkelsten, was aber zum Theil, vielleicht gänzlich, von der Aggregation der Zellen herrührt, indem die Substantia propria fester gefügt ist und deshalb das Licht gleichmässiger durchlässt als die Marksubstanz mit den unregelmässigen Zellen und den zum Theil mit Luft gefüllten Räumen zwischen ihnen. Im Alter ergrauen bekanntlich die Haare. Dieses Ergrauen hat in zweierlei Dingen seinen Grund. Zunächst in dem Eintritte von Luft. Wenn die Marksubstanz und die Zellen der Substantia propria durch Eintrocknen an Volum verlieren, so dringt von aussen her durch die Spalträume, die sich immer in der Substantia propria finden, nach und nach immer mehr Luft in das Haar ein, und wegen der starken Reflexion, welche das Licht erleidet, wenn es aus der stark lichtbrechenden Hornsubstanz in die schwach lichtbrechende Luft übergehen soll, erhält das Haar einen silbergrauen Schimmer. Das völlige Weisswerden des Haares beruht dann auch auf dem Schwunde des Pigments. Bei dem

eigenthümlichen Silberglanze des Haares der Greise spielt aber immer die Luft, die in das Haar eingetreten ist, eine wesentliche Rolle. Denn selbst das Haar der Albinos, der pigmentlosen Individuen, ist, so lange dieselben jung sind, nicht so vollkommen weiss, nicht so silberglänzend, wie das Haar eines Greises, der in seiner Jugend ganz schwarzes Haar gehabt hat, indem zwar das Haar des Albinos nicht pigmentirt ist, aber noch nicht die Menge Luft in demselben enthalten ist, wie sie sich im Haare der Greise vorfindet.

Der Querschnitt der Haare ist im allgemeinen elliptisch, aber sie unterscheiden sich in mehr drehrunde und in mehr platte. Je drehrunder das Haar ist, um so schlichter ist es, weil ein Cylinder immer weniger Neigung hat, sich zu biegen als eine Platte oder ein Streifen. Je platter das Haar ist, um so mehr Neigung hat es sich zu kräuseln, und das platteste unter allen Haaren ist das Wollhaar der Neger.

Die Entwickelung des ganzen Haares geht vom Hornblatte aus. Das Hornblatt treibt zuerst kleine Zapfen in die darunterliegende Cutis, in das darunterliegende Bindegewebe hinein, oder richtiger gesagt, es bilden sich in der sich entwickelnden Cutis bestimmte Stellen, wo dieselbe nicht in der Weise, wie an den übrigen, nach aufwärts wächst, wo also dadurch, indem das Bindegewebe ja in Contact bleibt mit dem Hornblatte, zapfenförmige Fortsätze vom Hornblatte in die Tiefe hineingezogen werden und in die Tiefe hineinwachsen können. Diese zapfenförmigen Fortsätze, die aus denselben Zellen bestehen, wie das ganze Hornblatt, sind die Anlage des Haares. Ein solcher Zapfen bekommt nun an seinem unteren Ende einen Eindruck und dabei eine mehr birnförmige Gestalt. In diesem Eindrucke, den er unten bekommt, liegt die sich entwickelnde Papilla pili. Zugleich metamorphosirt sich ein Theil der Zellen in der Weise, dass sie sich nicht mehr polyedrisch gegen einander abplatten, sondern, dass sie spindelförmig auswachsen, sich aber so an einander drücken, dass sie kantig werden und sich zu einer festeren Substanz, zur Substantia propria des Haares, vereinigen. Nach aussen davon bildet sich eine Schicht von platten Zellen, die Cuticula, und nach aussen von dieser metamorphosiren sich Zellen zu der nachherigen Henle'schen und Huxley'schen Schichte. Die nachherige äussere Wurzelscheide behält ihre frühere Beschaffenheit, indem ihre Zellen mit denen des Rete Malpighii übereinstimmen. Die Metamorphose bezieht sich auf den kegelförmigen Raum, der sich immer mehr in die Länge auszieht, und dessen äussere Grenze die innere Wurzelscheide ist, die Sie sich anfangs als oben geschlossen denken müssen. In ihr liegt schon das junge Haar, das sich immer mehr verlängert, indem von der Papilla pili aus immer neue Zellen nachwachsen und so den gebildeten jungen Haarschaft immer weiter nach oben schieben. Er löst sich dabei in seinem oberen Theile von seiner Umgebung los und fängt an sich an seiner Spitze umzubiegen. Zu dieser Zeit aber ist das ganze Gebilde mehr an die Oberfläche gerückt: an der Oberfläche reiben sich die Epidermiszellen ab, stossen sich ab, und so wird am Ende die Spitze des Haares frei, steckt nun aus dem Haarbalge heraus und kann frei weiter wachsen. Deshalb begrenzt sich auch am Halse des jungen Haarschaftes die innere Wurzelscheide, die von demselben durchbrochen worden ist, während sich die äussere Wurzelscheide direct in das Rete Malpighii der benachbarten Epidermis fort-

setzt. Während sich das Haar entwickelt, entwickeln sich noch ein paar seitliche Zapfen, die sich gleichfalls mit Zellen des Hornblattes anfüllen, ganz in derselben Weise, indem eben eine bestimmte Stelle des Bindegewebes nicht weiter wächst, und dadurch Raum gegeben wird für das Hineinwuchern einer Quantität von Zellen des Hornblattes. Diese Zellen, die den ganzen Zapfen ausfüllen, bis sich später ein Ausführungsgang in demselben gebildet hat, sind nichts Anderes als das Enchym der Talgdrüsen, die Secretionszellen derselben. Die äussere Partie des Haarbalgs aber mit dem M. arrector pili, der sich an denselben ansetzt und dann zur Cutis hingeht, sind Bildungen, die aus dem mittleren Keimblatte hervorgehen.

Die ersten Haare, welche das Kind mit auf die Welt bringt, die Flaumhaare, fallen aus und werden durch neue ersetzt. Beim Haarwechsel lockert sich die Verbindung zwischen der Papilla pili und dem Haare, indem die Keimschicht abstirbt. Das Haar lockert sich im Haarbalge und fällt aus. Gleichzeitig entwickelt sich in demselben Haarbalge ein neuer Keim, aus welchem ganz in derselben Weise, wie früher, ein neues Haar hervorgeht und in dem alten Haarbalge fortwächst.

Der Knorpel.

Stellen im Embryo, an denen sich Knorpel entwickelt, zeichnen sich auf mikroskopischen Schnitten von ihrer Umgebung zunächst dadurch aus, dass sie lichter, durchsichtiger werden. Dabei rücken die einzelnen Embryonalzellen von einander, und es lagert sich zwischen ihnen eine Zwischensubstanz ab, die aber selbst Product der Zellen ist, die durch Metamorphose der eigenen Substanz der Zellen entstanden ist. Dies ist die sogenannte hyaline Zwischensubstanz des Knorpels, nach welcher der gewöhnliche Knorpel „hyaliner Knorpel" genannt wird. Knorpel, bei denen sie in sehr geringer Menge vorhanden ist, so dass der ganze Knorpel im Durchschnitte, wenn Sie sich die Zellen aus demselben herausgefallen denken, wie ein Netz erscheinen würde, hat man auch Netzknorpel genannt. Als Netzknorpel im eigentlichen Sinne pflegt man indessen eine bestimmte Art sehr biegsamen gelblichen Knorpels zu bezeichnen, wie er z. B. in der Ohrmuschel des Menschen vorkommt. Hier ist die Zwischensubstanz mit zahlreichen und dünnen elastischen Fasern derartig durchzogen, dass dieselben ein dichtes Netzwerk bilden. Noch bestimmter bezeichnet man diesen Knorpel als Netzfaserknorpel, auch nennt man ihn wohl gelben oder elastischen Knorpel. Bisweilen entwickelt sich im hyalinen Knorpel die Zwischensubstanz so stark, dass die ursprünglichen Knorpelzellen ganz vereinzelt in ihr gefunden werden, so dass, wenn man einen Schnitt von solchem Knorpel unter dem Mikroskope bei starker Vergrösserung ansieht, man oft nur zwei oder drei Knorpelzellen im Sehfelde hat. Solcher Knorpel kommt aber im menschlichen Körper nicht vor, er kommt namentlich bei den Fischen vor.

Die hyaline Zwischensubstanz des Knorpels kann wiederum verschiedene secundäre Veränderungen erleiden, sie kann körnig werden oder streifig, faserig, so dass es aussieht, als ob sie aus Fasern zusammengewebt wäre. Das aber, was wir gewöhnlich Faserknorpel nennen, ist nicht davon faserig, dass die hyaline Grundsubstanz zerfasert wäre; der

sogenannte Faserknorpel ist Bindegewebe, beziehungsweise fibröses Gewebe, in welches Knorpelzellen einzeln oder in Nestern eingesprengt sind.

Das Bindegewebe.

Ueber die Entwickelung des gemeinen Bindegewebes und des fibrösen Gewebes ist ein langer Streit geführt worden, indem die Einen die Bindegewebsfasern aus Zellen hervorgehen lassen, die Andern aber nur die Bindegewebskörperchen von Zellen ableiten, die Fasern dagegen aus einer Zwischensubstanz, welche sich secundär zwischen diesen Zellen bilden soll. Ich kann dieser letzteren Ansicht nicht beitreten. Ich bin der Ansicht, dass sich die Bindegewebsfasern sämmtlich aus Zellen entwickelt haben, von den Zellen gebildet, gesponnen worden sind. Wenn man die frühesten Stadien des Bindegewebes untersucht, so findet man, dass die ursprünglich nackten embryonalen Zellen amöbenartig Fortsätze treiben, Fortsätze ausstrecken, dass diese Fortsätze aber nicht mehr zurückgezogen werden, sondern dass sie eine eigenthümliche Metamorphose erleiden und in immer feinere Fäden auswachsen, so dass vielfach verzweigte, in sehr fein verzweigte Endfäden nach verschiedenen Seiten auslaufende Fasern entstehen. Aus solchen Zellen besteht in der frühesten Zeit das ganze embryonale Bindegewebe. In späterer Zeit aber findet man sie nur vereinzelt; nur ausnahmsweise, z. B. im Stroma der Chorioidea, setzen sie noch ganze Gewebe zusammen.

Zwischen diesen Bindegewebszellen soll sich nun eine Zwischensubstanz bilden, aus der sollen die Bindegewebsfasern hervorgehen, während aus den Zellen nur die Bindegewebskörperchen entstehen sollen. Diese Zwischensubstanz ist aber eine wässerige Flüssigkeit, die später resorbirt wird, und von der nichts übrig bleibt, als vielleicht die Kittsubstanz Rollet's, durch welche die einzelnen Bindegewebsfasern mit einander verbunden sind. Das Bindegewebe hat zu dieser Zeit eine gallertartige Consistenz nach Art der Wharton'schen Sulze des Nabelstranges und es gehört in diesem Stadium dem Virchow'schen Schleimgewebe an. Es ist gesagt worden, dass das Virchow'sche Schleimgewebe nur da angetroffen werde, wo sich später der Panniculus adiposus bildet. Da wird es noch in einem späteren Stadium angetroffen, in einem früheren Stadium wird es aber als Anlage von allem gemeinen Bindegewebe angetroffen. Ueberall da, wo sich später das gemeine faserige Bindegewebe bildet, findet sich vor demselben eine Substanz, die aus verzweigten Zellen und einer Quantität von Flüssigkeit besteht, die zwischen ihnen ist, wenn sie auch nicht überall den Grad von Succulenz, wie die Wharton'sche Sulze, erreicht. In einem späteren Stadium wird sie immer ärmer an Flüssigkeit, und dabei strecken die nun sich neu bildenden Zellen ihre Fortsätze nicht mehr nach allen Seiten, sondern wesentlich nach zwei Richtungen aus, wobei gewöhnlich die Fortsätze der einen Seite viel länger werden, als die der andern. Hiedurch entstehen eben die langen Fasern, die wir später als Bindegewebsfasern kennen. Strittig sind dabei nachfolgende Punkte: Erstens, ob immer aus einer solchen Zelle nach einer Seite hin mehrere Fasern auswachsen, oder ob auch eine Zelle so auswachsen kann, dass sie nur eine einzige Bindegewebsfaser bildet;

zweitens, ob diese mehrfachen Fasern dadurch entstehen, dass ein Fortsatz sich verzweigt und nun in seinen einzelnen Aesten weiter wächst, oder umgekehrt ein Fortsatz sich auffasert, sich spaltet und dadurch eine Reihe von Bindegewebsfibrillen neben einander entsteht.

Bei den Untersuchungen, die Dr. Kusnetzoff hier im Laboratorium über die Entwickelung der Cutis angestellt hat, hat es sich gezeigt, dass dieselbe wesentlich unter der Oberfläche, in der der Hornschicht zunächst liegenden Partie, wächst, und daraus erklärt es sich, dass die Zapfen, welche die Haare bilden, durch ein locales Zurückbleiben in die Tiefe gezogen werden, und dass in derselben Weise Zapfen vom Hornblatte in die Tiefe gezogen werden, aus welchen sich das Epithel der Schweissdrüsen bildet. Aehnlich verhält es sich auch mit dem Bindegewebe der Schleimhaut des Darmkanals, so dass hier auch auf ganz einfache und natürliche Weise Vertiefungen entstehen, welche vom Bär'schen Schleimblatte, Remak's Darmdrüsenblatte, das dann schon in das Cylinderepithel des Darmes umgewandelt ist, ausgekleidet sind, und die Anlagen der Drüsen in der Wand des Darmkanals darstellen.

In ähnlicher Weise, wie das gemeine Bindegewebe, bildet sich auch das fibröse Gewebe, dessen Entwickelung von Obersteiner an Sehnen beobachtet worden ist. Da gibt es ein Stadium, wo die ganze Sehne aus lauter Zellen zusammengesetzt ist, die sehr lang auslaufende Fortsätze haben, und diese nach der Länge der Sehne hinlaufenden Fortsätze sind nichts Anderes, als die Fasern des späteren Sehnengewebes. Das, was wir Bindegewebskörperchen und was wir Sehnenkörperchen nennen, sind die Reste der ursprünglichen Zellen. Wenn man sich fragt, wie es denn möglich sei, dass bei der grossen Masse von Fasersubstanz verhältnissmässig nur so wenig Zellen zu finden sind, so gibt es dafür zwei Erklärungsgründe: erstens, es kann ein Theil der Zellen zu Grunde gegangen sein; zweitens muss man aber auch berücksichtigen, dass die Fasern immer weiter wachsen, und deshalb eine Faser, die ursprünglich von einer Zelle ausgegangen, zuletzt eine sehr grosse Länge bekommt, indem sie mit der ganzen Sehne weiter wächst, und ebenso ist es auch im Bindegewebe. Aus diesem Principe erklärt es sich hinreichend, dass, wenn wirklich alle Zellen noch existirten, wir doch verhältnissmässig wenige in der späteren Sehne und im späteren Bindegewebe finden würden; weil eben die Fortsätze so lang gewachsen sind, dass sie an Volum die noch unmetamorphosirten und als solche kenntlichen Zellenreste um ein Vielfaches übertreffen.

Die Knochen.

Wenn man einen Durchschnitt durch einen Knochen macht und einen dünnen Schliff unter das Mikroskop bringt, so fallen an demselben eine Menge mit zahlreichen verzweigten Fortsätzen versehene Gebilde auf. Es sind dies die sogenannten Knochenkörperchen. Man hat eine Zeit lang geglaubt, dass in diesen Knochenkörperchen die Kalksalze enthalten seien, welche eben den Knochen zum Knochen gemacht haben. Man war in diese Voraussetzung durch eine seltsame Täuschung hineingeführt worden. Man untersuchte damals noch vielfältig trockene Knochen-

schliffe: wenn man diese im durchfallenden Lichte betrachtete, so waren die Knochenkörperchen dunkel, schwärzlich, und wenn man sie im auffallenden Lichte betrachtete, war die Zwischensubstanz dunkel, und die Knochenkörperchen erschienen hell, weisslich. Man glaubte, dass dies vom Lichte herrühre, welches von der weissen Kalksubstanz reflectirt würde. Der Grund war aber ein ganz anderer. Diese Knochenkörperchen sind Hohlräume, und zwar sind es die Hohlräume, in welchen die Reste derjenigen Zellen liegen oder lagen, welche den Knochen aufgebaut haben. In trockenen Knochenschliffen waren diese Hohlräume mit Luft gefüllt. Im auffallenden Lichte wurde also an den Stellen, wo sich diese Knochenkörperchen befanden, weil das Licht hier aus einem stark brechenden Medium, aus der Knochensubstanz, in ein schwach brechendes Medium, in Luft, übergehen sollte, viel Licht zurückgeworfen und wegen der höchst unregelmässigen Gestalt der kleinen Höhlen unregelmässig zerstreut. Von diesem Lichte gelangte ein guter Theil in das Mikroskop, während von den übrigen Stellen des Knochenschliffes, da die Oberfläche polirt war, das Licht so reflectirt wurde, dass gar nichts davon ins Mikroskop gelangte. Das war der Grund, warum diese Knochenschliffe im auffallenden Lichte dunkel waren, und die Knochenkörperchen sich als helle Punkte auszeichneten. Im durchfallenden Lichte war das Umgekehrte der Fall. Durch die homogene Zwischensubstanz ging das Licht einfach hindurch, dagegen wurde an den Knochenkörperchen eine grosse Menge desselben reflectirt und nach rückwärts unregelmässig zerstreut. Dieses Licht fehlte an den betreffenden Stellen, und deshalb erschienen die Knochenkörperchen schwärzlich.

Die Knochenkörperchen entsprechen insofern den Bindegewebskörperchen, als in ihnen ursprünglich die Reste der Zellen liegen, welche den Knochen aufgebaut haben. Man sollte eigentlich nicht den Hohlraum, in dem dieser Rest liegt, sondern diesen Rest selbst als das Knochenkörperchen bezeichnen.

Die Knochenkörperchen findet man concentrisch gelagert um Kanäle, deren Querschnitte in Querschnitten langer Knochen, und deren Längsschnitte in Längsschnitten langer Knochen vorherrschen. Diese Kanäle sind die Haversischen Kanäle: sie sind Kanäle, in welchen die Gefässe und die Nerven verlaufen, die durch die Foramina nutritia in die Knochen eindringen.

Der Knochen sollte nach der älteren Vorstellung ganz aus Knorpel hervorgehen. Es war dabei schwer zu begreifen, wie die Textur des Knorpels sich durch einfache Einlagerung von Kalksalzen in die Textur des Knochens umwandeln sollte. Man erfuhr auch bald, dass die Kalksalze nicht in den Knochenkörperchen abgelagert werden, sondern dass sie in der Zwischensubstanz abgelagert werden, und dass der normale dreibasisch phosphorsaure Kalk, welcher mit etwas normaler phosphorsaurer Magnesia, etwas kohlensaurem Kalk und Fluor in noch räthselhafter Verbindung die Verknöcherungsmasse bildet, sich so mit dieser Zwischensubstanz verbindet, dass sie morphologisch, dass sie mittelst des Mikroskopes nicht von einander unterschieden, sondern nur auf chemischem Wege getrennt werden können. Durch chemische Mittel kann man die Kalksalze trennen, einerseits, indem man sie mit Säuren auszieht, so dass man dann die organische Grundlage des Knochens zurückbehält, andererseits, indem man den Knochen mit Alkalien kocht, auf diese Weise die organische

Grundlage nach und nach zerstört und nun ein weisses, erdiges Gerippe des Knochens zurückbehält, die Kalksalze ohne die organische Grundlage des Knochens.

Spätere Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass von dem Skelette des ausgewachsenen Menschen nur ein verschwindend kleiner Bruchtheil noch aus Knochen besteht, der aus Knorpel verknöchert ist, dass aller anderer Knochen durch Verknöcherung einer leimgebenden, einer dem Bindegewebe verwandten Grundlage entstanden ist, und daraus erklärt es sich, dass die organische Grundlage der Knochen, wenn sie zerkocht wird, kein Chondrin, sondern Leim gibt. Die ersten Nachrichten über diesen complicirteren Process der Knochenbildung und des Knochenwachsthums sind, so viel mir bekannt, in Dr. Quain's Anatomie, herausgegeben von Sharpey, enthalten. Er ist dann später von Heinrich Müller und anderen deutschen Anatomen genau und ausführlich verfolgt worden.

Nehmen wir als Beispiel den Entwickelungsgang eines Röhrenknochens, weil von da aus die Bildung der übrigen Knochen leicht zu verstehen ist. Da, wo ein Röhrenknochen entstehen soll, ist zuerst eine kleine längliche, knorpelige Anlage vorhanden, die im Allgemeinen die Gestalt des späteren Knochens hat. In dem mittleren Theile dieser knorpeligen Grundlage lagern sich Kalksalze ab, es entsteht in der Mitte ein Verknöcherungspunkt. Dieser ist die Anlage der späteren Diaphyse. Der Knochen wächst nun weiter an seinen Enden, während die Verknöcherung auch nach beiden Seiten vorrückt, aber nach aussen von dem verknöcherten Stück der Diaphyse bildet sich nun kein Knorpel mehr, sondern dieses Stück ist von dem früheren Perichondrium umschlossen, das jetzt, wo es auf dem Knochen aufliegt, den Namen des Periosts erhält. Zwischen diesem und dem Knochen bilden sich fortwährend junge Zellen, die jungen Zellen des Bindegewebes ganz ähnlich sind, sich aber nicht in faseriges Bindegewebe umbilden, sondern nur spindelförmig oder keilförmig auswachsen und Fortsätze treiben. Zwischen diesen oder richtiger in ihre eigene sich metamorphosirende Substanz lagert sich Knochenerde ab, so dass sie durch sich bildende Knochenmasse in ähnlicher Weise von einander getrennt werden, wie die ursprünglichen Knorpelzellen durch die wachsende Zwischensubstanz des Knorpels immer weiter von einander getrennt wurden. Hiedurch entsteht also eine Knochensubstanz, welche nicht, wie die ursprüngliche aus dem Knorpel verknöcherte, rundliche Hohlräume enthält, in welchen die Zellen liegen, die ursprünglich den Knorpel aufgebaut hatten, sondern es entsteht jetzt eine Knochensubstanz, in welcher spindelförmige, sehr unregelmässig gestaltete Räume enthalten sind, in denen nun die Zellen oder vielmehr die Reste solcher Zellen liegen, wie sie jetzt an dem Aufbau des Knochens arbeiten. Diese Zellen bekommen, wie gesagt, auch Fortsätze, und auf diese Weise entstehen die zahlreichen kleinen hohlen Fortsätze, welche von den Knochenkörperchen ausgehen, und die man früher fälschlich mit dem Namen der Kalkkanälchen der Knochen bezeichnet hat. Es scheint indess, als ob ein grosser Theil dieser hohlen Fortsätze sich erst später entwickelte und vielleicht beruht ihre Bildung auf Corrosion einer schon gebildeten Knochensubstanz. Getrocknete Knochenschliffe zeigen ausserdem Sprünge und Dehiscenzen, die im Leben gar nicht vorhanden sind.

Während auf diese Weise der Knochen in der Diaphyse in die Dicke wächst und an den Enden durch Zunahme der Knorpelmasse in die Länge, beginnt im Innern desselben ein Schwund. In dem Axentheile degeneriren die Zellen fettig, ihre Zwischenwände verschwinden, indem die Kalksalze derselben resorbirt werden. So bildet sich in der Mitte eine weiche, fettreiche Masse, welche nichts anderes ist als das Mark.

Jetzt aber bilden sich auch an den Enden, erst an dem einen und dann an dem andern Ende, Verknöcherungspunkte, und auf die Weise sind nun auch die Epiphysen als Knochenstücke angelegt. Indem nun die Epiphysen in ihren mittleren Theilen verknöchern, bleiben sie an der Gelenkfläche knorpelig, und hier wächst neuer Knorpel nach, während er von innen her weiter verknöchert. Andererseits bleibt eine knorpelige Zone jederseits zwischen der Epiphyse und der Diaphyse, und hier ist es, wo das Hauptlängenwachsthum des Knochens stattfindet. Dieses geht so vor sich, dass sich durch Proliferation der vorhandenen Knorpelzellen immer neue und neue bilden, die sich in Reihen anordnen, die grösser auswachsen, und von denen die ältesten, diejenigen, welche zunächst an der Diaphyse liegen, in der Weise verknöchern, dass die Kalksalze zuerst in die Theile der Zwischensubstanz vordringen, welche die einzelnen Knorpelzellen zunächst umgeben, und dann sich über die ganze Zwischensubstanz ausbreiten. Indem sich nun die Markhöhle gebildet und frühzeitig mit einem gefässreichen Bindegewebe durchzogen und ausgekleidet hat, dringen die Blutgefässe immer mehr gegen die Grenze zwischen Diaphyse und Epiphyse vor. Der Resorptionsprocess, der ursprünglich in der Axe eingeleitet worden ist, nimmt eine grössere Ausdehnung an, so dass nach sehr kurzer Zeit schon die ganze ursprüngliche knorpelige Anlage des Mittelstücks geschwunden ist, und dass sie ersetzt wurde durch Knochen, der sich bereits aus einer leimgebenden Grundlage gebildet hat, durch sogenannten secundären Knochen. Aber dieser Process ist nicht auf die Diaphyse allein beschränkt, auch in der Epiphyse geht ein ähnlicher Process vor sich. Die Zwischenwände der ursprünglichen Knorpelzellen werden resorbirt, und es entstehen nun darin grössere Höhlen: das sind die Höhlen der spongiösen Substanz der Epiphysen. In diese Höhlen zieht sich das bindegewebige Stroma hinein und mit demselben kommen Zellenkeime, welche den Wänden der Höhlen dieser spongiösen Substanz aufsitzen. Diese Zellenkeime wachsen zu denselben Körperchen aus, wie wir sie an der Oberfläche der Diaphyse kennen gelernt haben. Sie bauen auch hier secundären Knochen auf, indem primärer Knochen mehr und mehr verzehrt wird. So substituirt sich nach und nach der secundäre dem primären Knochen, indem letzterer nahezu vollständig aufgezehrt wird. Nur die letzten Stücke, die unmittelbar unter der knorpeligen Gelenkfläche liegen, die sind es, welche noch nach der ursprünglichen Art aus Knorpel verknöchert sind.

Wenn endlich das Längenwachsthum des Knochens beendigt ist, so verschwindet die weiche Schicht zwischen Diaphyse und Epiphyse, die im Laufe der Zeiten immer dünner geworden ist, zuletzt vollständig, und die Epiphyse verwächst knöchern mit der Diaphyse.

Da behauptet worden ist, dass der Knochen nicht nur in der Weise, wie ich es hier dargestellt habe, wachse, einerseits in die Dicke durch Auflagerung von secundärem Knochen, und andererseits in die Länge durch

Nachbildung von Knorpelsubstanz an der Oberfläche der Epiphyse und zwischen der Epiphyse und Diaphyse, da Einige dem Knochen noch ausserdem ein sogenanntes interstitielles Wachsthum zuschreiben, so muss ich die Gründe angeben, weshalb ich dieses interstitielle Wachsthum nicht anerkenne.

Es ist erstens schon durch die Versuche von Flourens dargethan worden, dass der Knochen durch Auflagerung neuer Schichten in die Dicke wächst. Man legte zuerst einen Ring um den Knochen eines jungen Thieres und fand, dass dieser Ring vom Knochen überwallt wurde, dass er immer tiefer in die Substanz des Knochens eindrang. Es ist dieser Versuch ursprünglich nicht ganz vorwurfsfrei angestellt worden, da ja ein Ring sich hineinschnüren muss, wenn er den Knochen rings umgibt. Man hat deshalb die Versuche später so angestellt, dass man statt des Ringes kleine Stückchen Platinblech unter die Beinhaut brachte, und diese wurden auch überwallt und gelangten in die Substanz des Knochens hinein. Hatte man das Thier aufwachsen lassen, und tödtete man es erst dann, so fand man das Platinblech in der Markhöhle des Knochens. Es war also klar, dass der Theil, an dem das Platinblech ursprünglich gelegen hatte, vollständig zerstört worden war, und dass dort sich die Markhöhle gebildet hatte. Man hat ferner Thiere während ihres Aufwachsens mit Krapp gefüttert und hat gefunden, dass dabei der phosphorsaure Kalk, der sich in den Knochen ablagert, den Farbstoff mitnimmt, so dass die Knochen roth gefärbt werden. Nun hat man die Thiere eine Weile mit Krapp gefüttert, dann ausgesetzt, sie dann wieder mit Krapp gefüttert u. s. w., und hat dann rothe und farblose Schichten über einander gefunden, was wieder dafür spricht, dass durch die schichtenweise Ablagerung von der Oberfläche her der Knochen wächst.

Das Längenwachsthum des Knochens ist hinreichend erklärt durch die Zunahme an Knorpel, welche einerseits an der freien Oberfläche der Gelenke stattfindet, und andererseits in der Schichte, welche sich auf beiden Seiten zwischen Epiphyse und Diaphyse befindet. Ein Wachsthum des Knochens in der Weise, dass sich der Knochen als solcher ausdehnt, ist nicht denkbar wegen der Consistenz des Knochens. Es ist zwar bekannt, dass anscheinend harte und spröde Körper, wie z. B. das Eis, unter hohem Druck ihre Form wie eine wachsartige Masse verändern können. Das hängt aber mit den eigenthümlichen Eigenschaften des Eises zusammen, die sich beim Knochen nicht wieder finden, und dann finden sich auch beim Knochen die Druckverhältnisse nicht wieder, die eine solche harte Masse zwingen könnten, sich wie eine plastische zu verhalten. Wenn der Knochen noch wächst, nachdem die Epiphyse mit der Diaphyse in Verbindung getreten, wenn er sich dann noch verändert, so kann dies auch nur immer durch Apposition und durch gleichzeitige Zerstörung eines Theiles des vorhandenen Knochens geschehen, gerade so wie eine Stadt sich nicht in ihren einzelnen Häuserreihen ohne Weiteres ausdehnen kann, wie sie sich aber wesentlich dadurch verändern kann, dass aussen Häuser angebaut, und im Innern Häuser eingerissen, und die Strassen erweitert werden: denn der Knochen ist ja selbst eine grosse Stadt, in welcher sich eine grosse Menge von Elementarorganismen massive Häuser gebaut hat. Diese massiven Häuser als solche können sich nicht ausdehnen oder verschieben, aber die Elementarorganismen können einige derselben einreissen und andere dafür anbauen, und das geschieht auch in sehr

grosser Ausdehnung, nicht nur in den Röhrenknochen, sondern auch in allen übrigen. Bis vor wenigen Jahren hat man nur die Arbeiter gekannt, die die neuen Häuser aufbauen, und hat sie mit dem Namen der Osteoblasten bezeichnet. Wir haben sie in dem Vorhergehenden besprochen. In neuerer Zeit hat Kölliker auch die Arbeiter beschrieben, die die Häuser einreissen. Es sind dies grosse Zellen, die er mit dem Namen der Osteoklasten bezeichnet, und die er überall da findet, wo Knochensubstanz zu Grunde geht, so dass er den Resorptionsprocess in wesentlichen Zusammenhang bringt mit der Thätigkeit dieser Zellen.

Die übrigen Knochen bauen sich meistens auch in doppelter Weise auf, wie die Röhrenknochen, die dickeren Knochen, die Knochen der Schädelbasis, der Wirbelkörper u. s. w. in ähnlicher Weise, wie die Epiphyse der Röhrenknochen, so dass erst eine knorpelige Grundlage vorhanden ist, die verknöchert, und dass dann die Zwischenwände schwinden, welche die Zellen in der verknöcherten Substanz trennen, sich grössere Hohlräume bilden, äusserlich Knorpel angelagert wird, der wiederum verknöchert, oder zwischen dem Knochen und dem Periost Zellen entstehen, die secundären Knochen aufbauen. Es wird auch im Innern secundärer Knochen gebildet, indem sich ein bindegewebiges Stroma mit Osteoblasten hineinzieht. Nur die platten Knochen des Hirnschädels haben niemals eine knorpelige Grundlage. Das Scheitelbein, die Schuppe des Hinterhauptbeins, des Schläfenbeins und des Stirnbeins entstehen von vorneherein aus einer bindegewebigen Anlage, übrigens ganz ähnlich, wie der secundäre Knochen, indem sich Zellen bilden, die in ihrer ersten Anlage Bindegewebskeimen ähnlich sehen, die sich aber nicht in Bindegewebe, sondern in Knochensubstanz, in secundäre Knochen umwandeln.

Die Entwickelungsgeschichte des Knochens ist sehr lehrreich in Rücksicht auf Histologie und Histogenesis überhaupt, indem man es hier so recht augenfällig vor sich hat, dass nicht in allen Zeiten die Entwickelung der Dinge auf gleiche Weise vor sich geht, und dass es ganz verkehrt ist, wenn man die Anfänge der Gewebselemente, wie man sie beim Erwachsenen vorfindet, in den ersten Stufen des embryonalen Lebens sucht. Das ist der Irrweg, den man auch beim Knochen gegangen ist, und daher hielt man so fest an der Idee, dass der ganze Knochen aus Knorpel entstehe. Man muss die Entwickelung bestimmter Gewebe immer nur untersuchen wollen, wenn bereits ein Theil dieses selben Gewebes fertig, oder doch in seiner wesentlichen Gestalt ausgeprägt ist: denn zu dieser Zeit erst findet man die Generationen, die sich unmittelbar in das in Frage stehende Gewebe umwandeln, findet man die Keime, aus denen unmittelbar ähnliche Gewebstheile hervorgehen. In den früheren Stadien findet man allerdings an derselben Stelle auch Keime, aus denen aber möglicher Weise niemals das wird, was wir hier später antreffen, sondern deren entwickelte Gestalten durch spätere, anders aussehende Generationen verdrängt und ersetzt werden; oder es ändert sich später der Modus der Entwickelung, und es treten neue Generationen auf, neben denen die alten zwar fortexistiren, aber denen gegenüber sie so sehr in der Minderzahl sind, dass sie jetzt nicht mehr die wesentliche, nicht die Hauptmasse des Gewebes ausmachen.

Nicht allein bei den Knochen, sondern auch beim Bindegewebe und bei den Muskelfasern hat man diesen Wechsel zu wenig berücksichtigt.

Die Zähne und ihre Entwickelung.

Die Zähne bestehen wesentlich aus zwei Substanzen, aus der Substantia propria dentis, oder der Substantia eburnea, und aus dem sehr harten Schmelze, der Substantia adamantina. Wenn man einen Zahnschliff unter das Mikroskop bringt, so sieht man von der centralen Höhle des Zahnes, in welcher der Rest des Zahnkeims liegt, zahlreiche Röhren, die gegen die Peripherie hin verlaufen, sich verzweigen, und zahlreiche Anastomosen mit einander eingehen. Dies sind die Röhren der Substantia eburnea. Auf dem Querschnitte sieht man diese Röhren von einem Hofe umgeben, der je nach dem Einstellen heller oder dunkler wird und davon herzurühren scheint, dass die Substanz, welche zunächst um diesen Röhren liegt, das Licht etwas anders bricht, als die übrige, vielleicht aber auch seinen Grund nur in der Zurückwerfung des Lichtes an den Wänden der Zahnröhrchen hat. Aus dieser Substantia eburnea besteht die Zahnkrone und auch die Wurzel. In ihr finden sich gegen die Oberfläche des Zahnes hin eigenthümliche kugelförmige Figuren mit Zwischenräumen, die man mit dem Namen der Interglobularräume bezeichnet hat, und die in neuerer Zeit von Czermak beschrieben worden sind, ohne dass man bis jetzt den Ursprung dieser Figuren mit Sicherheit kennt.

Der Schmelz des Zahnes besteht aus lauter prismatischen Stücken, die partienweise parallel neben einander liegen, dann aber wieder partienweise gegen einander verschoben sind, so dass sie miteinander sehr spitze Winkel machen. Die einzelnen Schmelzprismen sind nicht ganz gerade und glatt, sondern haben kleine Einbiegungen, in Folge welcher sie bei starken Vergrösserungen unter dem Mikroskope quergestreift erscheinen.

Ebur und Schmelz verdanken ihre Festigkeit der Einlagerung von denselben anorganischen Substanzen, die wir bei den Knochen als Verknöcherungsmasse kennen gelernt haben, und sie betragen beim Schmelz neun Zehntheile seines Gewichtes, während sie beim Knochen im Durchschnitt nur etwas über drei Fünftheile ausmachen. Der Schmelz ist so hart, dass eine gute englische Feile sich in kurzer Zeit auf demselben abstumpft. Zu diesen beiden Substanzen des Zahnes kommt bei den bleibenden Zähnen noch eine dritte hinzu, welche sich secundär auf der Wurzel auflagert, und diese ist die Substantia ossea. Sie ist wahrer secundärer Knochen, der sich von der Beinhaut der Zahnwurzel aus auf der letzteren ablagert, ganz in derselben Weise, wie sich aus den Zellen, die sich unter der Beinhaut der Diaphyse eines Röhrenknochens bilden, auf eben dieser Diaphyse neue Schichten bilden. Die Substantia ossea des Zahnes unterscheidet sich von anderem secundärem Knochen nur dadurch, dass sie im Allgemeinen sehr dicht ist, mehr das Gefüge und die Dichtigkeit von sclerosirtem Knochen hat, zweitens, dass die einzelnen Knochenkörperchen noch unregelmässiger gestaltet sind, als beim gewöhnlichen secundären Knochen, und drittens dadurch, dass sie unregelmässiger gelagert sind.

Die Entwickelung der Zähne beginnt beim menschlichen Embryo mit dem Ende des zweiten Monates. Da zeigt es sich zuerst, dass im gefässreichen Theile des Kiefers der äussere und der innere Rand stärker wächst, als die mittlere Partie. Dadurch entsteht eine Rinne. Da aber der Boden derselben mit dem Epithel in Contact bleibt, so wird hiedurch

ein leistenförmiger Epithelialfortsatz in die Tiefe gezogen, ganz in derselben Weise, wie wir das Haar und die Schweissdrüsen nicht dadurch haben entstehen sehen, dass das Hornblatt in die Tiefe hineinwucherte, sondern umgekehrt dadurch, dass bestimmte Stellen der Cutis im Wachsthume zurückblieben, und deshalb Epithelialpartien, die ursprünglich an der Oberfläche lagen, immer mehr in die Tiefe gerückt wurden. Die Epithelleiste, die auf diese Weise in die Tiefe gezogen wird, bildet den sogenannten Schmelzkeim. Später wächst nun der Kiefer weiter aus, und es wird auch die Rinne, in der dieser leistenförmige Fortsatz liegt, in ihren tieferen Theilen geräumiger. In diesen tieferen Theilen wuchern nun die Epithelialzellen, so dass der Schmelzkeim sich in seiner unteren Partie sehr bedeutend erweitert, während er gegen die Oberfläche hin durch das Gegeneinanderwachsen der Kieferränder eingeschnürt, verdünnt wird. Zu dieser Zeit wachsen vom Boden der ursprünglichen Rinne des Kiefers Zapfen hervor, Fortsätze, welche nichts anderes sind, als die Zahnkeime. Diese stülpen den Boden des Schmelzkeimes ein, und zugleich wachsen zwischen den Zahnkeimen Scheidewände in die Höhe, welche dieselben nun von einander trennen und im Hinaufwachsen auch den Schmelzkeim in einzelne Stücke zerschneiden. Auf diese Weise sind also die Zellen für die einzelnen Zahnkeime gebildet, und jeder Zahnkeim hat nun seinen Antheil an dem Schmelzkeim in Gestalt einer Kappe, welche auf seiner Oberfläche aufliegt. Dann schnürt sich der Hals des Schmelzkeimes vollständig ab, und der Schmelzkeim besteht jetzt für jeden einzelnen Zahn aus einer Epithelpartie, welche in die Tiefe des Kiefers hineingezogen worden ist und wie eine Kappe auf dem Zahnkeime aufliegt.

Der ganze zukünftige Zahn bildet sich zwischen Zahnkeim und Schmelzkeim auf folgende Weise. Der Schmelzkeim hat eine periphere Schicht von Epithelzellen, die cylindrisch sind, indem sie der tiefsten Schichte des Pflasterepithels entsprechen. Man fängt von dieser Zeit an zu unterscheiden dasjenige Epithel des Schmelzkeimes, welches auf dem Zahnkeime aufliegt, das nennt man das innere Epithel, und dasjenige Epithel, das vom Zahnkeime abgewendet ist, das nennt man das äussere Epithel. Von der Masse nun, die dazwischen liegt, wachsen die mittleren der Zellen sternförmig aus und werden dabei im hohen Grade succulent, und auch zwischen den Zellen lagert sich Flüssigkeit ab, während die Zellen selbst mit ihren Fortsätzen untereinander in Verbindung treten, so dass der äussere Anschein von einem Schleimgewebe entsteht. Von dem Schleimgewebe des Bindegewebes ist aber dieses Gebilde ganz verschieden, weil man es eben nur mit metamorphosirten Epithelialzellen, nicht aber mit einer Bindegewebsbildung zu thun hat. Nun wachsen die Cylinderzellen noch mehr in die Länge und fangen an, an ihrem dem Zahnkeime zugewendeten und auf dem Zahnkeime aufliegenden Ende zu verknöchern, zu verkalken. Dabei wachsen sie immer weiter in die Länge und eine immer weitere Strecke von ihnen verknöchert. Sie sehen ein, dass auf diese Weise prismatische Stücke einer harten, verknöcherten Substanz gebildet werden, die eben die Schmelzprismen sind.

Der Schmelz ist also das verkalkte innere Epithelium des Schmelzorgans. Er konnte eine solche Dicke erlangen, weil während des Verkalkungsprocesses der noch weich gebliebene Theil jeder Cylinderzelle

noch weiter in die Länge wuchs und so den Kalksalzen noch immer neue organische Grundlage darbot.

Andererseits fangen die oberflächlichsten Zellen des Zahnkeimes, der, wie wir gesehen haben, von unten her in das Schmelzorgan hineingewachsen ist, an, Fortsätze zu bekommen, die sich gegen die Peripherie strecken und sich verzweigen. Um diese Fortsätze herum bildet sich Knochensubstanz: oder vielleicht, richtiger gesagt, diese Fortsätze selbst wandeln sich in eine Substanz um, welche verknöchert, so dass aber immer ein Axentheil übrig bleibt, der nicht verknöchert. Diese Zellen nennt man die Odontoblasten, die verknöcherte Masse ist die Masse des Zahnbeins, und die nicht verknöchernden Axentheile dieser Fortsätze entsprechen den späteren Zahnkanälchen, in welchen also die Reste der Fortsätze stecken. Nun denken Sie sich, dass sämmtliche Fortsätze weiter wachsen und der Verknöcherungsprocess weiter fortschreitet, so wird dadurch eine immer dicker werdende Schicht von Zahnsubstanz gebildet, die unmittelbar mit dem sich bildenden Schmelze verbunden, verlöthet ist. Diese verknöcherte Substanz sitzt dem weichen Zahnkeime zuerst wie eine Scheibe, dann wie ein kleines Hütchen auf, indem die Formen der späteren Zahnkrone sich immer mehr vervollständigen und zwar sogleich in ihren späteren Dimensionen, indem dieselbe von der Spitze gegen die Basis hin aufgebaut wird.

Man muss hier zweierlei Wachsthum des Ebur unterscheiden, Wachsthum in die Dicke und Wachsthum am unteren scharfen Rande. Beim Wachsthum in die Dicke müssen die bildenden Zellen, die Odontoblasten, immer weiter zurückrücken, indem ihre wachsenden Fortsätze, so wie sie gebildet werden, auch durch den Verknöcherungsprocess einbezogen werden in das sich neu bildende Ebur, ähnlich wie an den Schmelzzellen der Verknöcherungsprocess in umgekehrter Richtung weiter vor sich geht. Es wird auch angegeben, dass mehrere dieser Odontoblasten durch ihre Fortsätze mit einander in Verbindung stehen, und dass, wenn bei der fortschreitenden Verknöcherung die eine Zelle ganz aufgezehrt wird, sie dann bei der Arbeit des Aufbaues des Zahnes von der nächsten Zelle abgelöst wird, die nun den von ihr angelegten Zahnkanal weiter baut. Das Wachsthum am scharfen Rande des Ebur geschieht dadurch, dass sich hier neue Odontoblasten in Thätigkeit setzen und mittelst ihrer Fortsätze neues Zahnbein und neue Zahnröhren anlegen, somit die ähnliche Arbeit wie ihre Vorgänger aufnehmen und nach und nach die ganze Zahnkrone aufbauen. Erst, wenn die ganze Zahnkrone in ihrer äusseren Form aufgebaut ist, bildet sich die Wurzel der Zähne von demselben Zahnkeime aus und in ganz analoger Weise, indem an der Basis der Zahnkrone, am scharfen Rande des Ebur sich neue Odontoblasten bilden, und neue Zahnkanäle und neues Zahnbein sich anlegen, bis endlich auch die ganze Zahnwurzel fertig ist. Ja es ist der Zahn noch keineswegs fertig in seiner Wurzel, wenn er bereits an der Oberfläche durchbricht, indem dann noch gar nicht der Raum im Kiefer gegeben ist, um die ganze Wurzel zu beherbergen.

Zahnwechsel.

Für den Zahnwechsel wird schon in frühester Zeit vorgesorgt. Bereits von den ursprünglichen Schmelzkeimen sondert sich bei jedem einzelnen

Zahnkeime eine kleine Partie von Epithelialzellen ab, welche einen accessorischen Keim bildet, der ursprünglich neben dem sich entwickelnden Milchzahne liegt. Später, wenn der Kiefer wächst und der Milchzahn herauswächst, so wird dieser zweite Keim immer mehr nach abwärts gezogen und liegt zuletzt ganz in der Tiefe neben dem entwickelten Zahne. Zur Zeit aber, wo sich der Zahnwechsel vorbereitet, gehen in diesem accessorischen Keime dieselben Veränderungen vor, wie sie früher im Keime des Milchzahnes vorgegangen sind. Die Epithelzellen fangen an zu wuchern, es bildet sich aus ihnen das Schmelzorgan, und es wächst von unten her eine Zahnpapille hinein, kurz es wiederholt sich Alles, was wir beim Milchzahne beobachtet haben. Während sich nun die neue Zahnkrone anlegt und wächst, übt sie einen Druck auf die Wurzel des Milchzahnes aus und macht diese dadurch atrophisch. Nach Kölliker bilden sich auch hiebei seine Osteoklasten, hier Odontoklasten, die die Wurzel des Milchzahnes nach und nach zerstören. Auf diese Weise rückt der bleibende Zahn dem Milchzahne nach, derselbe wird endlich dadurch, dass seine Wurzel resorbirt wird, locker, fällt aus, und der neue tritt an seine Stelle. Wenn der bleibende Zahn sich nicht unter dem Milchzahne entwickelt, sondern schief neben ihm, so geschieht es, dass die Wurzel nicht atrophirt, woraus man sieht, dass der Druck, den der nachwachsende Zahn ausübt, einen wesentlichen Antheil an dem Atrophiren der Wurzel hat. Es wächst dann der neue Zahn neben dem Milchzahne heraus, und dieser muss gewaltsam entfernt werden, damit der neue Zahn in seine richtige Stellung einrücken kann.

Zeiten des Hervorbrechens der Zähne.

Man muss zwei Dentitionsperioden unterscheiden. Die erste Dentitionsperiode rechnet nach Monaten und umfasst das Hervorbrechen der Milchzähne. Der erste Schneidezahn bricht hervor zwischen dem 7. bis 9. Monate, der zweite Schneidezahn zwischen dem 8. bis 10. Monate, der Eckzahn im 18. bis 20. Monate. Der erste Milchbackenzahn zwischen dem 13. bis 15. Monate, der zweite Milchbackenzahn zwischen dem 23. bis 25. Monate.

Der erste bleibende Backenzahn entsteht zwischen dem 7. und 8. Lebensjahre. Im 8. oder 9. Jahre fallen die Schneidezähne aus und werden durch neue ersetzt. Im 10. fallen die Milchbackenzähne weg und werden durch neue ersetzt. Im 11. Lebensjahre fällt der Eckzahn aus und wird durch einen neuen ersetzt. Im 12. Lebensjahre endlich beendigt sich diese Zahnungsperiode mit dem Hervortreten des zweiten grossen Backenzahnes. Dann folgt nur noch der sogenannte Weisheitszahn, der keine bestimmte Zeit einhält, aber gewöhnlich zwischen dem 16. und 25. Lebensjahre hervorbricht.

In der folgenden Tabelle sind in der ersten Columne die Zähne nach ihrer Stellung im Munde mit römischen Ziffern bezeichnet, so dass I den ersten Schneidezahn, VIII den Weisheitszahn bezeichnet. Columne zwei zeigt in arabischen Ziffern den Monat an, in dem der Milchzahn, von der Geburt an gerechnet, hervorbricht. Columne drei zeigt in arabischen Ziffern das Lebensjahr an, in dem der bleibende Zahn hervorbricht.

Zahnungstabelle.

Zahn	Erste Dentitionsperiode in Monaten	Zweite Dentitionsperiode in Jahren
I	7—9	8—9
II	8—10	8—9
III	18—20	11
IV	13—15	10
V	23—25	10
VI		7—8
VII		12
VIII		16—25

Wiederholter Zahnwechsel ist mehrmals beobachtet worden, zum Theil noch in hohem Alter, aber er ist im Allgemeinen sehr selten.

Entwickelung der Elemente des Nervensystems.

Bei der Entwickelung der Elemente des Nervensystems geht die Umwandlung von Embryonalzellen in Ganglienkugeln auf eine verhältnissmässig einfache Weise vor sich. Sie treiben Fortsätze, und diese sind dann eben die Fortsätze der Ganglienkugeln. Anfangs sind alle diese Zellen fortsatzlos. Ueber die Bildung der Nervenfasern weiss man nur, dass sie sämmtlich marklos angelegt werden. Da, wo später markhaltige Nervenfasern entstehen sollen, verlängern sich die Kerne der Embryonalzellen, und die ganzen Zellen strecken sich in die Länge, so dass man in einem gewissen Stadium täuschend den Anblick hat, als ob man es mit Zügen von glatten Muskelfasern zu thun hätte. Später entstehen hieraus Fasern, in deren Substanz diese Kerne noch eingelagert sind, und aus diesen Fasern entstehen dann in nicht näher bekannter Weise die markhaltigen Fasern mit ihren Axencylindern. Ob diese ganze Bildung dadurch zu Stande kommt, dass Reihen von Zellen, die der Länge nach ausgewachsen sind, mit einander verschmelzen, oder in wie weit sie dadurch zu Stande kommt, dass eine einzelne Zelle Sprossen treibt, der Spross wieder seinen eigenen Kern bildet und linear weitere ähnliche Sprossen forttreibt, ist nicht mit Sicherheit bekannt.

Entwickelung der Muskelfasern.

Etwas näher kennt man die Entwickelung der Muskelfasern im Embryo. Die Bildung der Herzmuskelfasern geht nach den Untersuchungen, die O'Leary im hiesigen Laboratorium vorgenommen hat, folgendermassen von statten. Man findet im Herzen von Schweineembryonen in einem gewissen Stadium spindelförmige Zellen, die in der Mitte einen etwas verlängerten Kern haben. In diesen spindelförmigen Zellen bilden sich zuerst an der Oberfläche Sarcous elements aus, die schon regelmässig in Längs- und Querreihen angeordnet sind, wie sie später im quergestreiften Muskel die Fibrillen einerseits und die Bowmann'schen Scheiben anderseits darstellen. Diese Umwandlung der ursprünglichen Zellsubstanz in eine gegliederte, aus Sarcous elements und einer isotropen Zwischen-

substanz bestehende Masse schreitet allmälig von aussen gegen das Innere vor. Im Innern bleibt aber ein spindelförmiges unmetamorphosirtes Stück, das aus dem Kerne mit etwas Protoplasma an seinen beiden Enden besteht. Das ist es, was man mit dem Namen eines Muskelkörperchens bezeichnet. Bei den Muskeln mancher anderer Thiere, z. B. in vielen Muskeln von Arthropoden, bleibt in der Axe der Muskelfaser durchlaufend eine solche kernhaltige Protoplasmamasse zurück, die nicht in eigentliche Muskelsubstanz umgewandelt wird, während die Muskelsubstanz den Mantel des Muskelcylinders bildet. Es muss übrigens bemerkt werden, dass das Herz sich bereits contrahirt zu einer Zeit, wo diese Metamorphose noch nicht vor sich gegangen ist, wo noch keine Spur von Sarcous elements im Herzen zu sehen ist, sondern wo das ganze Herzfleisch noch aus nackten Zellen besteht.

In ähnlicher Weise geht auch die Entwickelung der Skeletmuskeln von statten, nur dass bei den Säugethieren und beim Menschen das Protoplasma sich nicht rings um den Kern herum metamorphosirt, sondern seitlich von demselben, so dass der Kern nach aussen an der Scheide zu liegen kommt. Anfangs ist er häufig in die metamorphosirte Substanz eingebettet. Man findet platt, bandartig angelegte Skeletmuskeln, bei denen die Fibrillen auseinanderweichen und den Kern zwischen sich nehmen; beim weiteren Wachsthum in die Dicke aber kommt er excentrisch zu liegen und wird zuletzt gegen das Sarkolemma hin hinausgedrängt. Die Bildung der Fasern geht nach Einigen so von statten, dass mehrere Embryonalzellen miteinander zu einer verschmelzen und auf diese Weise eine Faser bilden, nach Andern so, dass eine Embryonalzelle eine Muskelfaser anlegt und sich immer weiter verlängert, dadurch, dass sie weiter auswächst, einen Spross bildet mit einem neuen Kern, wieder auswächst u. s. w., und das Protoplasma dieser ganzen Zellenfamilie, die sich auf diese Weise durch Sprossung der Länge nach vermehrt hat, sich schliesslich in quergestreifte Muskelsubstanz umwandelt. Es ist dies eine Controverse, deren Entscheidung deshalb grosse Schwierigkeiten macht, weil ja das Protoplasma der Embryonalzellen zu dieser Zeit so eng mit einander verbunden ist, dass man im lebenden Zustande die Grenzen gar nicht sieht, und sich erst nach dem Erhärten in Erhärtungsflüssigkeiten die einzelnen Zellengrenzen erkennen und die einzelnen Zellen von einander isoliren lassen. Erinnern Sie sich daran, dass beim Ureter dasselbe selbst im erwachsenen Thiere der Fall ist, so dass Engelmann fand, dass sich im lebenden Ureter die einzelnen contractilen Faserzellen nicht von einander unterscheiden liessen, sondern das ganze als eine contractile Masse erschien, in welcher Längskerne eingesprengt waren, und erst nach dem Tode sich die Substanz der einzelnen Faserzellen von einander trennte.

Auch in späterer Zeit, auch nach der Geburt, werden noch neue Muskelfasern gebildet. Budge hat durch Zählung und Messung nachgewiesen, dass die Muskeln nicht nur dadurch wachsen, dass die einzelnen Muskelfasern dicker werden, sondern dass wirklich im Extrauterinleben sich noch neue Muskelfasern nachbilden. Diese spätere Bildung von Muskelfasern scheint nicht immer in der Weise vor sich zu gehen, wie sie im Embryo vor sich gegangen. Es scheint noch eine andere Art der Bildung von Muskelfasern vorzukommen, die zuerst von Margo beobachtet wurde. Er gibt an, dass er eigenthümliche rundliche Zellen

beobachtet habe, die er mit dem Namen der Sarkoblasten bezeichnet. Diese Zellen hätten sich, nachdem sie bis zu einer beträchtlichen Grösse herangewachsen, in mehrere wurstförmige Stücke getheilt. Diese hätten Querstreifen bekommen, und jeder derselben sei nun in eine Muskelfaser ausgewachsen. Diese sogenannten Sarkoblasten fand Margo nesterweise in Spalträumen zwischen den schon fertigen Muskelfasern eingeschlossen, von wo aus sie dann das weitere Wachsthum des Muskels, die Zunahme der Anzahl von Fasern seiner Ansicht nach bewirkten. Ich muss erwähnen, dass bei den Sehnen etwas Aehnliches vorkommt, dass bei diesen auch in Spalträumen Nester von Bindegewebskeimen, von Zellen vorkommen, aus denen später wieder fibröse Fasern hervorgehen.

Entwickelung der elastischen Fasern.

Ueber die Entwickelung des elastischen Gewebes ist nichts Sicheres bekannt. Man weiss nur, dass da, wo sich später elastische Fasern bilden, anfangs immer eine bindegewebige Anlage vorhanden ist. In dieser erscheinen erst ganz feine Fasern, die dann immer dicker und dicker werden und endlich ein compactes elastisches Fasernetz darstellen, ohne dass man sich davon Rechenschaft geben könnte, wie denn eigentlich diese Fasern entstanden sind.

Entwickelung der Linse.

Die Linse entsteht, wie wir gesehen haben, aus einem Haufen von Zellen des Hornblattes. Die Zellen in diesem Haufen, welche der Oberhaut, der nachherigen Hornhaut, zugewendet sind, behalten ihre Gestalt; die von ihr abgewendeten wachsen cylindrisch aus und richten sich dabei senkrecht, etwas divergirend, gegen die Hornhaut, so dass es ein Stadium gibt, wo die Linse im mikroskopischen Durchschnitte das Bild eines Körbchens gibt, dessen Stangen die cylindrisch ausgewachsenen Zellen der hinteren (inneren) Hälfte des Zellenhaufens sind. Diese cylindrisch ausgewachsenen Zellen sind die Anlage der ersten Linsenfasern. Sie bilden die Fasern des Linsenkernes. Die vorderen (äusseren) Zellen, die ihre Gestalt behalten haben, sind Anlage des Epithels, welches die vordere Wand der sich erst später bildenden Kapsel an ihrer inneren Seite bekleidet. Wir wollen sie schon jetzt Kapselepithelzellen nennen. An der Peripherie, in der Gegend des grössten Kreises der Linsenanlage entstehen nun immer neue Zellen und zwar vom Kapselepithel aus. Diese dienen theils dazu, das Kapselepithel an seiner Peripherie weiter zu bauen, theils wachsen sie zu Linsenfasern aus, die sich an die ursprünglichen äusserlich anlegen und sie dann umwachsen und auf diese Weise immer neue Faserschichten bilden. Die Linse wächst also durch fortwährende Auflagerung von neuen Faserschichten, und die Fasern entstehen sämmtlich am Rande, in der Gegend des grössten Kreises der Linse, von wo aus sie sich beim weiteren Wachsen über die vordere und hintere Oberfläche ausbreiten und sich dem früher entworfenen Schema (S. 134) entsprechend dem Pole bald mehr, bald weniger nähern.

Wenn man eine Linse in der Richtung der Achse durchschneidet, so findet man, wie von Becker gezeigt hat, eine Zone von Kernen, welche sich vom grössten Kreise der Linse gegen die Mitte hin erstreckt. Diese Zone enthält die Kerne der Linsenfasern, die sich hier entwickelt haben.

Fig. 99 zeigt einen Schnitt vom Rande einer Kalbslinse nach von Becker. Die Striche deuten den Verlauf der Fasern an. Bei *z* beginnt die Kernzone und erstreckt sich von da ins Innere. Weiter nach innen zerstreuen sich die Kerne, weil sie beim Wachsen der Linsenfasern nach verschiedenen Orten verschoben sind.

Fig. 98 zeigt die Region bei *z* in stärkerer Vergrösserung, um zu zeigen, wie die Kernzone *z z*, eine Fortsetzung der Kernreihe des Kapselepithels *(e e)* bildet.

Wenn die Linse eine gewisse Grösse erreicht hat, wird die Anlage der Linsenkapsel sichtbar. Es erscheinen zuerst Zellen, welche die ganze Linse und auch die vordere Zellenschicht umgeben: sie sind so mit einander verschmolzen, dass man ihre Grenzen nur undeutlich wahrnimmt, selbst nachdem sie erhärtet sind. Doch nach der Lagerung der Kerne sieht man, dass man es mit einer einfachen Zellenschicht zu thun hat.

Fig. 98.



Fig. 99.



Der Ursprung dieser Zellen ist nicht bekannt, und ebenso wenig die Art, wie sie sich vermehren. Dass sie dies thun, ist sehr wahrscheinlich, da die Linse zu dieser Zeit noch verhältnissmässig klein ist, und also auch die Kapsel noch bedeutend wachsen muss.

Die Lage dieser Zellen unmittelbar auf der Linsensubstanz und die eigenthümliche gleichmässige Durchsichtigkeit dieser Schichte charakterisirt sie als Anlage der gefässlosen, der eigentlichen bleibenden Linsenkapsel, nicht der erst später nach aussen von ihr erscheinenden gefässreichen Kapsel.

Entwickelung der Blutgefässe.

Von den Blutgefässen kennen wir zweierlei Art der Entwickelung, erstens die Art, in der sie sich zu allererst im Fruchthofe entwickeln, und zweitens die Art, in der sie sich weiter im Embryo entwickeln, wenn derselbe wächst und bereits ein Gefässsystem vorhanden ist. Im Fruchthofe bilden sie sich einfach durch Differencirung, dadurch, dass sich Gruppen von Zellen bilden, welche in Blutkörperchen umgewandelt werden und die Zellen, welche zunächst um sie herumliegen, mit einander verwachsen und so die Wandungen von Räumen bilden, in welchen nun

diese Blutkörperchen liegen, und in welchen sie vom Herzen aus in Bewegung gesetzt werden. Ganz anders ist die spätere Neubildung von Blutgefässen, die Neubildung von Capillaren und von Blutgefässen überhaupt, denn alle Gefässe werden später als Capillargefässe angelegt, und Arterien und Venen bilden sich dann nur noch durch Erweiterung, durch Wachsthum von Capillaren.

Die Bildung der Capillaren besteht dann darin, dass von der Wand der Gefässe sich Protoplasmafortsätze — die Gefässwand selbst besteht ja aus Protoplasma — hinausschieben. Diese Fortsätze spannen, einander begegnend, Brücken von einem Gefässe zum andern, theils gerade, theils bogenförmige. Sie sind anfangs solid, später aber werden sie hohl, indem vom Gefässlumen sich eine trichterförmige Lichtung hineinzieht, die weiter und weiter fortschreitet, gewöhnlich von beiden Seiten zugleich, bis sich die ganze Brücke in einen hohlen Protoplasmaschlauch verwandelt hat. Die Lichtung erweitert sich, und die Blutkörperchen strömen hindurch. Die Capillargefässe geben dann, wie gesagt, wieder die Grundlage zur Bildung von grösseren Gefässen, von Arterien und Venen u. s. f. Auf welche Weise die spätere Differencirung der Wände zu Stande kommt, wenn diese Capillargefässe in grössere Gefässe umgewandelt werden, auf welche Weise sich die Epithelien bilden und die verschiedenen Schichten der Gefässwand, ist bis jetzt nicht mit Sicherheit bekannt.

SCHLUSS.

Wien, im Juli 1875.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien
k. k. Universitäts-Buchdruckerei.